

3100099010874

TUGAS AKHIR
NA.1701

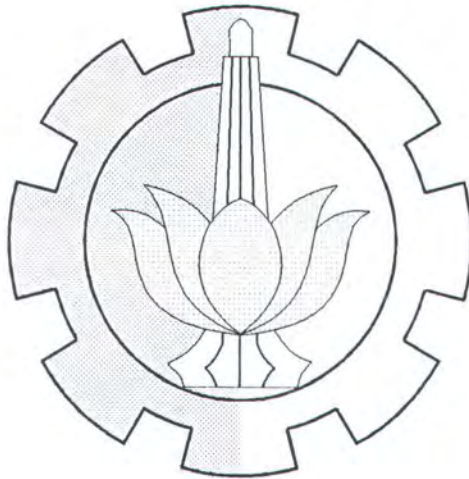
! Shipbuilding
A Fiber Reinforced plastic

2050
Anotasi
2690.

APLIKASI FOAM CORE SANDWICH PADA KAPAL CEPAT FRP

RSPe
623.82
Har
a-1

1997



Oleh:
HARINURDI
41 93 100 062

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997**



JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

SURAT KEPUTUSAN TUGAS AKHIR (NA 1701)

No. : 29 /PT12.FTK2/M/199 6.

Nama Mahasiswa : Harimurdi.....
Nomor Pokok : 4934100550 ./ 4.1.93/100.062.....
Tanggal diberikan tugas : 14 Maret. 1996.....
Tanggal selesai tugas : 26 Juli 1996.....
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Slamet Widodo.....
2.

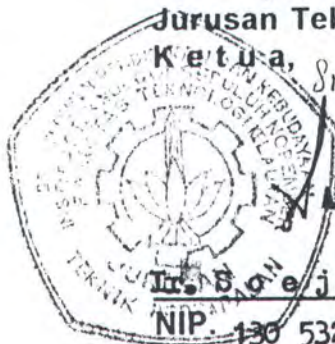
Uraian / judul tugas akhir yang diberikan :

-APLIKASI FOAM CORE SANDWICH PADA KAPAL CEPAT FRP-

sOn

Surabaya, 02 April 1996.
Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS

Ketua, Sr



Ir. Soejitno.

NIP. 130 532 029.

Tembusan :

1. Yth. Dekan FTK-ITS.
2. Yth. Dosen Pembimbing.
3. Arsip.

Lembar Pengesahan

**APLIKASI FOAM CORE SANDWICH PADA
KAPAL CEPAT FRP**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Perkapalan
Pada**

**Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Slamet Widodo', is written over a large, stylized 'X' mark.

Ir. Slamet Widodo

NIP. 130 786 954

SURABAYA

Maret 1997

ABSTRAK

Dimasa mendatang Indonesia akan sangat memerlukan sistem angkutan laut nasional dengan kecepatan tinggi untuk memenuhi pertumbuhan permintaan akan nilai waktu akibat semakin cepatnya laju pembangunan.

Dengan munculnya era komunikasi dan globalisasi menjadi tidak dapat dipungkiri, bahwa sesuatu akan berubah dengan cepatnya. Dan sebagai akibatnya tidak mustahil pergerakan barang, produk dan manusia semakin cepat. Apalagi bangsa Indonesia yang merupakan bagian dari negara-negara pasifik sedang mengalami kemajuan dalam bidang ekonomi dan teknologi. Kemajuan ini tidak terlepas dari inovasi dan tuntutan jaman.

Penggunaan Foam Core Sandwich pada kapal cepat merupakan salah satu jawaban bagi masalah ini karena secara teknis maupun ekonomis mampu memenuhi tuntutan ini. Kapal cepat dengan konstruksi sandwich merupakan konsep teknik yang telah dikenal selama bertahun-tahun tetapi baru dalam 30 tahun terakhir konstruksi sandwich menjadi pemecahan biasa atas banyak masalah teknik. Untuk mengantisipasi kebutuhan tersebut kemampuan rancang bangun kapal cepat dengan konstruksi sandwich dalam negeri perlu segera dikembangkan.

Permasalahan spesifik dalam perencanaan struktur yang berbeda dari kapal konvensional, perlu segera diidentifikasi secara tepat. Peraturan-peraturan keselamatan pengoperasian kapal cepat kemudian perlu ditinjau kembali.

Pengalaman galangan nasional yang diperoleh dari alih teknologi produksi kapal cepat dengan konstruksi sandwich yang menerapkan sistem lisensi rancangan kapal akan merupakan faktor pendukung yang dominan dalam hal ini. Demikian pula peran aktif lembaga-lembaga pemerintah yang berkaitan dengan industri perkapalan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat berkah, dan hidayahnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ **Aplikasi Foam Core Sandwich Pada Kapal Cepat FRP** “.

Adapun Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Perkapalan pada Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Slamet Widodo sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Kustowo S.W, sebagai Ketua Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
3. Bapak Ir. Anjar Suharto, sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
4. Bapak Ir. Joris R. dan Bapak Richard S. Sumarli sebagai pimpinan PT. Marspec serta seluruh karyawan (*thank's Sir*).
5. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan bimbingan selama perkuliahan.

6. Kepala Laboratorium Konstruksi dan Kekuatan FTK-ITS beserta seluruh karyawan.
7. Liza Melati SE. sebagai istri tercinta, yang dengan setia dan penuh pengertian, senantiasa memberikan dukungan serta serta motivasinya demi terselenggaranya studi ini.
8. Kepala Perpustakaan PT.PAL beserta seluruh staf..
9. Seluruh staf dan karyawan FTK-ITS.
10. Papa , mama dan saudara-saudaraku yang telah memberikan semua kasih sayangnya dengan tulus.
11. Ir. Prasetyo Hartono, yang telah membantu dalam pembuatan alat bantu pengujian material.
12. Didi Kurniadi, yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan.
13. Semua rekan-rekan yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan yang perlu disempurnakan. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik dari pembaca demi tercapainya kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Pada akhirnya penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya, Insya Allah.

Surabaya, Maret 1997

P e n u l i s

DAFTAR ISI

	hal
Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	ix
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Pemilihan Material	4
I.3 Tujuan	5
I.4 Batasan Masalah	6
I.5 Metodologi Penulisan	7
BAB II PENGENALAN FOAM CORE SANDWICH	
II.1 Pengertian Sandwich Struktur	10
II.3 Bahan Dasar Foam Core Sandwich FRP	12
II.3.1 Foam Core	12
II.3.2 FRP (Fibre Reinforced Plastic)	13

II.3 Sifat dan Karakteristik Kapal Cepat Foam Core Sandwich	23
II.3.1 Konsep Planing	23
II.3.2 Teori Dasar Planing	24
II.3.3 Badan Kapal Planing	25
II.3.4 Tahapan Operasi Kapal Cepat	28

BAB III TEKNOLOGI PRODUKSI KAPAL CEPAT FOAM CORE SANDWICH

III.1 Persiapan Produksi	32
III.2 Fasilitas dan Peralatan Penunjang Produksi	36
III.3 Teknik Produksi	38
III.4 Perbaikan Keretakan pada Kapal Foam Core FRP	43

BAB IV KONSTRUKSI PENAMPANG MELINTANG

IV.1 Perencanaan Pembebanan pada Lambung Kapal	49
IV.1.1 Perhitungan gaya hidrostatik dan gaya hidrodinamik.....	51
IV.2 Perhitungan Tegangan Normal dan Kekuatan Core Shear	58

BAB V ANALISA KEKUATAN FOAM CORE SANDWICH

V.1 Perencanaan Ketebalan Kulit Laminasi	61
V.1.1 Analisa teoritis ketebalan lamina.....	61
V.1.2 Analisa teoritis komposisi material lamina kulit FRP Sandwich...	63
V.1.3 Analisa teoritis kekuatan tarik lamina kulit	64



V.2	Prosedur Pengujian Foam Core Sandwich	66
V.2.1	Metode Test Standart untuk Tingkat Kelenturan Konstruksi Sandwich (ASTM C 393 - 62)	67
V.2.2	Metode Test Standart untuk Shear Property Flatwise Plane Konstruksi Flat Sandwich. (ASTM C 273 - 62).....	72
V.3	Analisa Hasil Percobaan	76
BAB VI KESIMPULAN		79
Daftar Pustaka		
Lampiran Tabel		
Lampiran Gambar		

Daftar Tabel / Grafik

Tabel 4.1. Susunan laminasi Kapal KPLP 12m

Tabel 4.2. Faktor distribusi k_s

Tabel 4.3. Wafe coefficient

Tabel 4.4. Core Properties

Grafik 4.5. Sandwich panels : Factors C_2 dan C_3

Grafik 4.6. Sandwich panels : Factor C_1

Grafik 4.7. Sandwich panels : Factors C_4 dan C_5

Tabel 4.8. Persyaratan tegangan

Daftar Gambar

- Gambar 2.0. Konstruksi Sandwich
- Gambar 2.1. Aliran ideal 2-D melewati papan miring dipermukaan air
- Gambar 2.2. Vektor kecepatan spray pada kapal planing
- Gambar 2.3. Kapal planing bilga lengkung dan Hard Chine
- Gambar 2.4. Perkembangan konfigurasi badan kapal planing
- Gambar 2.5. Bentuk umum 'Chine Craft'
- Gambar 2.6. Bentuk 'V' tajam dengan 'Spray Strips'
- Gambar 2.7. Kapal cepat pada mode displasemen murni
- Gambar 2.8. Kapal cepat pada mode semi planing
- Gambar 2.9. Kapal cepat pada mode planing penuh
- Gambar 3.1 - 3.9 Perbaikan pada kapal Foam Core Sandwich
- Gambar 3.10. Penegar
- Gambar 3.11. Variasi penegar
- Gambar 3.12. Penyambungan longitudinals dengan transverses
- Gambar 3.13. Kell
- Gambar 3.14. Transom
- Gambar 3.15. Pondasi mesin
- Gambar 3.16. Penyambungan sudut
- Gambar 3.17. Penggabungan dek dengan badan kapal
- Gambar 4.1. Penampang melintang
- Gambar 4.2. Kapal cepat 12m

Gambar 5.1. Pengujian bending (ASTM 393 - 62)

Gambar 5.2. Hasil percobaan pertama

Gambar 5.3. Hasil percobaan kedua

Gambar 5.4. Hasil percobaan ketiga

Gambar 5.5. Hasil percobaan keempat

Gambar 5.6. Hasil percobaan kelima

Gambar 5.7. Pengujian kekuatan Core Shear (ASTM 273 - 61)

Gambar 5.8. Hasil uji Core Shear



BAB I

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Untuk kesekian kalinya kita mengatakan secara geografis, Negara Kesatuan Republik Indonesia yang kita cintai terdiri dari beribu pulau, bahkan sampai saat ini jumlah pulau yang dimiliki lebih dari 17.000 buah dengan luas perairan sekitar 8 juta kilometer persegi.

Demikian pula bahwa potensi kelautan masih memerlukan penanganan yang lebih terprogram, mulai dari kekayaan yang terkandung didalamnya, sampai kepada laut sebagai media penghubung dan pemersatu dalam bentuk prasarana angkutan bahan baku, produk, komoditi perdagangan, manusia, kepentingan pertahanan dalam menegakkan wawasan nusantara dan lain-lain.

Melihat kondisi geografis seperti itu, maka pembangunan dan pengembangan sistem transportasi, terutama untuk moda laut dan udara secara nasional mutlak diperlukan. Hal ini disebabkan oleh pentingnya peran transportasi sebagai "urat nadi" perekonomian nasional.

Jika kita menggunakan jarak sebagai acuan dalam menghubungkan kepulauan yaitu dengan asumsi bahwa jarak rata-rata pulau yang dihuni antara 20 sampai dengan 60 nautical miles.

Dengan jarak tersebut, jika ditempuh dengan pesawat udara maka akan terasa kurang efisien, terutama ditinjau dari segi biaya dan waktu. Selain itu keterbatasan lahan untuk pembangunan bandara di pulau kecil yang relatif lebih terbatas.

Alternatif lain, dapat dipakai moda angkutan jalan raya yaitu dengan membangun jembatan dan terowongan bawah laut. Untuk pilihan ini, diperlukan investasi yang sangat tinggi mengingat panjangnya bentangan jembatan dan terowongan bawah laut. Untuk masa sekarang, pilihan ini kurang memungkinkan mengingat terbatasnya dana untuk pembangunan.

Salah satu alternatif lainnya adalah penggunaan moda angkutan laut terutama angkutan ferry. Penyelesaian masalah ini tampaknya lebih rasional karena dapat berfungsi sebagai "jembatan laut" antar pulau untuk jarak yang tidak terlalu jauh, dengan biaya investasi dan operasi yang cukup terjangkau, baik oleh pengusaha swasta nasional maupun oleh pengguna jasa angkutan. Namun, keunggulan moda ini diikuti oleh masih rendahnya kecepatan kapal. Dengan semakin pesatnya laju pembangunan yang berdampak pada semakin sadarnya masyarakat terhadap nilai waktu, maka pola angkutan laut juga harus mampu bersaing dengan jenis moda angkutan lain, terutama dari segi waktu dan biaya. Dengan kata lain, alternatif kapal cepat yang ditawarkan harus mempunyai daya saing yang tinggi.

Disinilah timbulnya peluang untuk memakai kapal cepat menggunakan konstruksi sandwich jenis kapal non konvensional dengan kecepatan jauh lebih tinggi dari kecepatan kapal konvensional. Dikalangan maritim, istilah kapal non konvensional dipakai untuk menjelaskan type-type yang berbeda dari kapal konvensional berbadan tunggal, baik dari segi penampilan maupun kinerjanya.

Sebuah kapal cepat dapat dikenal dengan karakteristik yang khas, antara lain dibangun dengan material ringan, berkecepatan tinggi dan atau mempunyai kelebihan kinerja diatas gelombang. Karakteristik lain yang mungkin dimasukkan dalam perbedaan kapal cepat dari kapal konvensional adalah geladak yang lebih besar dari type propulsor non konvensional yang dipakai.

Beberapa type kapal yang dapat dimasukkan dalam kategori kapal cepat seperti:

Kapal planning (termasuk kapal patroli), kapal hydrofoil, kapal bantalan udara yang terdiri dari Hovercraft dan SES (Surface Effect Ships), serta kapal-kapal berbadan ganda, yang meliputi katamaran dan kapal SWATH (Small Waterplane Area Twin-Hulled).

Pada umumnya kapal cepat digunakan untuk,

- Kepentingan militer (kapal cepat patroli, pengintaian, pengawasan, buru sergap dan pendaratan).

- Kepentingan Kepolisian, Coast-guard, Beacukai serta bentuk-bentuk pengamanan penyelundupan lainnya.
- Olah raga air, terutama power boating.
- Pariwisata/pesiar.
- Angkutan orang (passenger boat).
- Supply boat (kegiatan offshore).
- Pengangkutan barang terbatas.
- Kapal penangkap ikan.

I.2 Pemilihan Material

Dari bermacam bahan pembuat kapal cepat yang ada dan telah umum, dipakai FRP (Fibreglass Reinforced Plastic). Pemilihan ini didasarkan pada beberapa kelebihan yang dimiliki dengan material lain yaitu,

- Kekuatan tinggi dan ringan.
- Mudah dibentuk/diproduksi, baik dipabrik maupun dilapangan.
- Tahan korosi/tidak berkarat.
- Bentuk yang stabil.
- Biaya peralatan yang rendah.
- Flexible dalam perancangan.
- Dapat langsung dicetak warna.

Pada konstruksi dengan material FRP tersebut ditambahkan material bahan pengisi yang disebut Foam Core yang mempunyai kelebihan,

- Menambah kekakuan.
- Lebih ringan.
- Pengaruh isolasi tinggi.

I.3 Tujuan

Sebagai suatu analisis dengan dua sisi tinjauan umum, tujuan secara khusus adalah,

1. Memperoleh gambaran penerapan Foam Core Sandwich untuk pembangunan kapal-kapal cepat berukuran kecil dari bahan FRP (Fibreglass Reinforced Plastic).
2. Mendapatkan Alternatif suatu teknologi produksi yang dimungkinkan akan lebih baik untuk pembangunan kapal FRP dengan Foam Core Sandwich.
3. Memperoleh gambaran mengenai konstruksi kapal cepat FRP dengan Foam Core Sandwich, sehingga dapat diterapkan lebih lanjut bagi pengembangan proses produksi.
4. Mendapatkan hasil analisa kekuatan (tegangan) dari konstruksi FRP dengan Foam Core Sandwich.

I.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil seperti yang diharapkan dan mengantisipasi permasalahan agar tidak terlalu mengembang maka diambil batasan-batasan dan asumsi-asumsi yang mengarah pada fokus permasalahan sebagai berikut,

1. Jenis kapal cepat adalah jenis patrol boat dimana perancangannya didasarkan pada Det NorskeVeritas (DNV). Untuk perencanaan beberapa konstruksi, utamanya pada teknik penyambungan antar konstruksi digunakan rules dari American Bureau of Shipping (ABS) '90.
2. Peninjauan konstruksi hanya meninjau,
 - Teknik pembagian konstruksi melintang.
 - Penguatan-penguatan konstruksi yang perlu ditambahkan.
 - Pengujian FRP dengan Foam Core Sandwich.
 - Perhitungan lamina kulit (skin) FRP ditinjau secara teoritis.
3. Kapal yang ditinjau meliputi kapal cepat type planning dengan panjang kurang lebih 12 meter.
4. Analisa teknologi produksi hanya berkaitan dengan penggunaan bahan dasar Foam Core dan FRP serta teknologi pembuatan pembuatan badan kapal.

5. Pembahasan tidak mencakup,
 - Aspek propulsi kapal.
 - Kebutuhan sistem dan perlengkapan kapal.
 - Sistem transportasi dan material handling.
6. Standart pengujian Foam Core pada konstruksi sandwich adalah ASTM.

1.5 Metodologi Penulisan

Untuk melakukan analisis penerapan aplikasi Foam Core pada kapal cepat FRP ini dilakukan dengan tahapan,

1. Melakukan pendefinisian masalah dan menentukan tujuan dasar analisis.
2. Membuat perencanaan pembangunan kapal cepat FRP dengan Foam Core Sandwich dan proses produksi.
3. Menganalisa bentuk dan konstruksi laminasi dari Foam Core Sandwich.
4. Melakukan analisa hasil pengujian terhadap bahan FRP dengan Foam Core Sandwich.

Metodologi yang dilakukan adalah,

1. Study literatur

Dilakukan dengan mempelajari dan mengkaji hal-hal yang berkaitan dengan:

- Foam Core Sandwich.
- FRP (Fibreglass Reinforced Plastic).
- Konsep dan teori dasar kapal cepat.
- Teknologi pembangunan kapal cepat dari FRP dengan Foam Core Sandwich.
- Proses produksi.
- Proses pengujian material.

2. Pengamatan proses produksi di galangan meliputi,

- Desain
- Fabrikasi
- Assembly
- Erection

3. Pengumpulan data meliputi,

- Ukuran utama kapal, data-data teknis lainnya.
- Susunan laminasi konstruksi sandwich.
- Standart pengujian material.

4. Perencanaan pembangunan kapal meliputi,

- Rencana proses produksi.
- Pembangunan kapal dengan Foam Core Sandwich.

- Teknik melaminasi Foam Core Sandwich.

5. Analisis,

Melakukan analisa hasil pengujian, apakah Foam Core Sandwich dapat membentuk tegangan yang cukup.



BAB II

BAB II

PENGENALAN FOAM CORE SANDWICH

II.1 Pengertian Sandwich Struktur

Pada prinsipnya merupakan penggabungan dua permukaan dengan adanya jarak diantara dua permukaannya yang diperkenalkan oleh Delau (1820). Pada awalnya penggunaan panel sandwich selama perang dunia ke II dipakai secara extensive.

Pada pesawat terbang "Mosquito" sandwich digunakan yang disebabkan masalah kekurangan pengadaan material di Inggris selama perang. Dimana permukaannya terbuat dari venee dan inti terbuat dari kayu balsa. Selama perang dunia ke II ditulis teori tentang sandwich muncul untuk pertama kalinya.

Pada tahun 1950 an pembangunan dititik beratkan pada material yang berbentuk sarang lebah. Material sarang lebah tersebut umumnya digunakan sebagai inti (core) pada industri pesawat terbang, akan tetapi mempunyai beberapa keterbatasan, contohnya masalah utama dengan adanya korosi. Akhir tahun 1950 dan selama tahun 1960 seluler plastik yang berbeda diciptakan, yang cocok untuk core materials.

Pada awalnya material yang agak lunak digunakan, sebagai contoh polystyrene dan polyurethane. Kemudian ditemukan busa plastik seluler yang lebih keras dengan kerapatan material lebih tinggi.

Mulai pada saat itu sandwich structure merupakan konsep yang lebih berguna dan flexible. Dan kini banyak jenis kwalitas busa plastik seluler sebagai bahan inti (core materials).

Prinsip dasar sandwich

Sandwich structure dibuat atas tiga elemen dasar yaitu,

1. Permukaan (face)

Yang terdiri dari dua permukaan, permukaan atas dan permukaan bawah. Kedua permukaan tersebut menggunakan bahan FRP (Fibre Reinforced Plastic).

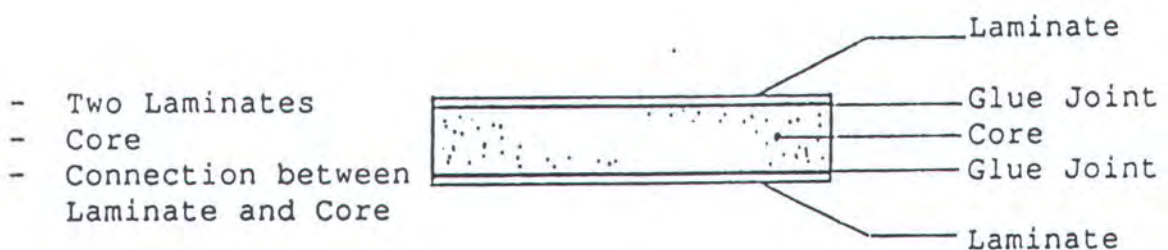
2. Inti (core)

Yang merupakan busa plastik seluler yang mempunyai kekerasan dan kerapatan yang tinggi.

3. Penyambungan

Yang menggabungkan antara dua permukaan dengan Foam Core, disini digunakan resin.

(lihat gambar dibawah)



II.2 Bahan Dasar Foam Core Sandwich FRP

II.2.1 Foam Core

Foam core pada dasarnya merupakan bahan inti (core materials) dari sistem aplikasi untuk konstruksi sandwich yang memerlukan tujuan-tujuan isolasi, terutama pada peralatan angkut yang menghasilkan tenaga. Penggunaan Foam Core yang paling umum ialah sebagai bahan inti pada konstruksi sandwich. Hal ini merupakan konsep teknik yang telah dikenal selama bertahun-tahun, tetapi baru dalam 30 tahun terakhir foam core menjadi pemecahan biasa atas banyak masalah teknik.

Konstruksi sandwich dapat diartikan sebagai pemecahan dalam menciptakan struktur yang mempunyai kekuatan dan kekakuan lebih tinggi untuk setiap beratnya yang sama dari kebanyakan bahan yang solid.

Foam Core adalah busa struktural plastik seluler yang berasal dari berbagai polimer termasuk vinyl. Sesuai dengan sifatnya Foam Core tersebut harus ringan merupakan isolator yang amat baik dan tahan terhadap bahan kimia yang membuatnya ideal untuk dipakai dengan bahan campuran (composite).

Dalam Tugas Akhir ini Foam Core yang digunakan untuk pembahasan adalah DIVINYCELL.

Struktur busa plastik seluler Divinycell mempunyai banyak keuntungan terhadap busa plastik konvensional termasuk,

- Sifat dinamis tinggi.
- Pengaruh isolasi tinggi.
- Mudah dibentuk.
- Penyerapan air rendah.
- Beroperasi pada suhu +70 hingga -20 derajat C.
- Ketahanan baik terhadap bahan kimia.

II.2.2 FRP (Fibreglass Reinforced Plastic)

FRP = Plastik yang diperkuat dengan serat/serabut gelas.

Pada FRP terdapat dua komponen penting yaitu,

- Matrix resin (plastik).
- Reinforcement/penguat (biasanya berupa serat gelas).

Kedua komponen tersebut memberikan efek synergic (saling menguatkan). Jenis plastik umum dipakai adalah Unsaturated polyester Resin (UPR). FRP merupakan suatu komposit, yaitu gabungan dua atau lebih bahan homogen untuk mendapatkan keseimbangan sifat bahan yang melebihi keunggulan dari bahan-bahan tunggal pembentuknya.

Komponen-komponen bahan baku yang dipakai dalam pembuatan FRP adalah,

1. *Polyester Resin*

Ada beberapa jenis polyester resin:

a. Type Ortho

Polyester resin type ini adalah yang paling umum dipakai dan harganya paling murah dibandingkan type lainnya. Contohnya adalah Yukalac 157 BQTN-EX, yang telah memperoleh certificate approval dari Lloyd's Register of Shipping untuk dipakai dalam pembuatan kapal FRP. Resin type Ortho tahan terhadap air laut dan asam encer.

b. Type Iso

Resin ini tahan terhadap panas dan asam, daya tahan cuaca (weathering resistance) dan kekerasannya lebih tinggi dibandingkan type Ortho, sehingga resin ini sering dipakai untuk pembuatan Gel coat, cetakan (mould).

c. Type Bisphenolic

Tahan terhadap asam dan alkali.

d. Type Vinyl Ester

Resin ini mempunyai sifat tahan kimia (chemical resistance) yang paling unggul.

Polyester resin berbentuk cairan kental berwarna kuning kemerahan, ada yang bening dan ada yang keruh (bersifat thixotropic). Dalam proses pembuatan FRP, dalam kaitannya dengan polyester resin dikenal beberapa istilah:

a. Gel Time

Gel time adalah waktu yang diperlukan oleh suatu polyester resin dengan jumlah promotor dan catalyst tertentu, untuk berubah bentuk dari cairan menjadi gel. Sering gel time diartikan pot life, yaitu waktu dimana suatu campuran polyester resin masih bisa dipakai / dikerjakan. Dihitung dari saat pencampuran resin dengan promotor/catalyst. Gel time dipengaruhi oleh jenis jenis polyester resinnya, jumlah promotor/catalyst yang dipakai, suhu dan jumlah serta jenis filler yang dipakai. Gel time dari suatu resin biasanya berkisar 20-30 menit.

b. Maximum Exothermic Temperature (MET)

MET adalah suhu tertinggi yang dicapai oleh suatu campuran polyester resin pada suhu dan komposisi promotor/catalyst yang tertentu. MET dari polyester resin dapat mencapai suhu 150 derajat C.

c. Curing Time

Adalah waktu yang diperlukan oleh campuran polyester resin untuk mencapai MET.

d. Viscosity

Menunjukkan kekentalan suatu resin, biasanya dinyatakan dalam poise dan Cps (centi poise). Viscosity biasanya diukur dengan viscometer type Brookfield. Viscosity akan turun dengan naiknya temperature.

e. Thixotropik

Thixotropic dapat diartikan kental semu suatu resin jika dalam keadaan bergerak (diberi gaya geser) mempunyai viscosity yang lebih encer dari keadaan diamnya, disebut mempunyai sifat thixotropic. Resin yang thixotropic biasanya berwarna keruh. Sifat thixotropic penting untuk pelapisan resin bidang vertikal. Supaya resin tidak meleleh turun dalam keadaan diam dan resin cukup encer sewaktu di roll/spray. Untuk mendapatkan sifat thixotropic, dapat dipakai thixotropic agent, misalnya Wacker HDK N20 atau Reolosil QS-20. Ada polyester resin yang dari produsennya sudah bersifat thixotropic misalnya Yukalac 157 BQTN-EX, sehingga tidak perlu ditambahkan thixotropic agent lagi.

Dalam pemakaiannya, supaya terjadi reaksi polimerisasi, polyester resin harus dicampur dengan promotor (accelerator) dan catalyst (hardener).

- Promotor (accelerator)

Berfungsi supaya polyester resin dan catalyst dapat bereaksi, berpolimerisasi pada suhu ruang (tanpa pemanasan). Dengan kondisi penyimpanan yang baik, promotor dapat disimpan dalam waktu relatif lama. Ada polyester resin tertentu yang tidak berpromotor, sehingga dalam pemakaiannya tidak perlu diberi promotor lagi. Promotor biasanya dipakai dengan dosis kurang dari 1% terhadap resin.

- Catalist (hardener)

Fungsi catalyst adalah supaya polyester resin dapat berpolimerisasi (berubah bentuk dari cair menjadi padat).

Catalist yang biasa dipakai adalah MEKPO (Methyl Ethyl Ketone Peroxide) berbentuk cairan bening seperti air dengan bau yang tajam. Catalist tidak boleh terkena panas, bahan karet atau logam besi. Mempunyai waktu simpan (life time) yang relatif pendek (beberapa bulan). Catalist dan promotor tidak boleh saling campur, sebab akan bereaksi hebat (bahaya kebakaran). Promotor harus dicampurkan

terlebih dahulu kedalam resin dan diaduk sampai rata, baru ditambahkan catalist. Catalist dicampur kedalam resin sesaat sewaktu akan dipakai. Jumlah pemakaian catalist biasanya 1%-2% terhadap resin. Komposisi resin/promotor/catalist harus dalam batas range yang tepat, jika kurang akan menyebabkan resin under cure, sehingga tidak tercapai kekuatan yang semestinya. Jika berlebih pot life akan terlalu pendek (tidak sempat dikerjakan) dan resin menjadi retak-retak. Polyester resin harus disimpan ditempat yang teduh/tidak panas dan diusahakan berventilasi baik. Polyester resin mempunyai life time (resin lama kelamaan akan membeku sendiri). Biasanya produsen memberi garansi 3 (tiga) bulan.

2. *Gel Coat*

Gel coat adalah polyester resin yang berbentuk gel/pasta, yang dipakai pada lapisan luar/kulit dari suatu produk FRP. Gel coat mempunyai peranan yang sangat penting, sebab harus tahan gesekan/keras dan tahan cuaca. Biasanya polyester resin yang digunakan type Iso.

3. *Bahan Penguat (Fibre Glass)*

Ada beberapa macam bahan penguat/reinforcement: fibre glass, carbon fibre, polyaramid fibre (kevlar), boron fibre, eiret- coromat

dan lain-lain. Bahan penguat yang dipakai dikapal adalah Fibre Glass.

Fibre glass dibuat dari campuran bahan silika dan lain-lain yang dipanaskan sampai mencair (1370 derajat C) kemudian ditarik menjadi serat-serat yang halus dengan diameter 1/1000 mm. Serat-serat gelas tersebut kemudian diberi sizing dan kemudian dikumpulkan menjadi strand.

Fibre glass yang baik mempunyai sifat antara lain,

- Cepat dibasahi resin.
- Pemakaian resin tidak boros.

Macam-macam fibre glass menurut komposisi kimianya:

1. E glass (E= Electrical)

Ini adalah type glass fibre yang umum dipakai dan harganya paling murah. Berat jenisnya 2,56 g/cm.

2. C glass (C= Chemical)

Mempunyai sifat tahan kimia yang baik, biasanya berbentuk surfacing mat. Berat jenis 2,45 g/cm.

3. S glass (S= Strength)

Mempunyai tensile-strength paling tinggi, biasanya untuk misile. Berat jenisnya sekitar 2,49 g/cm.

Macam-macam fibre glass menurut bentuknya,

a. Chopped Strand Mat (CSM)

Sering disebut mat saja, ada type Mat 300 (300 g/m) dan Mat 450 (450 g/m). Dalam suatu laminasi perbandingan antara berat resin : mat adalah 2,5 : 1 Mat adalah bentuk fibre glass yang paling sering dipakai.

b. Woven Roving (WR)

Bentuknya seperti tikar, Woven Roving mempunyai density yang lebih besar daripada Mat, sehingga mempunyai kekuatan yang lebih tinggi, dipakai pada konstruksi yang memerlukan kekuatan tinggi. Ada WR 600 dan WR 800. Dalam suatu laminasi perbandingan berat resin : WR adalah sekitar 1 : 1 sampai 1,5 : 1. Pemakaian CSM dan WR biasanya dilakukan dengan proses pelapisan tangan (hand lay up).

c. Roving Yarn

Ada 2 (dua) macam Roving Yarn, yaitu untuk proses filament winding dan untuk proses spray up.

d. Continous Strand Mat

Biasanya dipakai untuk resin injection (Resin Transfer Molding)

Firet Coremat adalah organic fibre, yang dipakai bersama dengan fibre glass dengan tujuan,

- Menambah kekakuan (stiffness) pada laminasi FRP.
- Menghasilkan produk FRP yang lebih ringan.
- Mengurangi biaya bahan baku.

4. *Pigment*

Pigment adalah bahan pewarna, biasanya berbentuk pasta. Pigment selain memberi warna juga mempunyai efek pelindung terhadap resin. Jumlah pemakaiannya sekitar 5-15% dalam gel coat yang tergantung dari:

- Merk pigment.
- Warna pigment.
- Tingkat kedalaman warna yang diinginkan.

Pigment yang baik (misal merk LR-England), pemakaiannya hemat dan warna tidak cepat memudar. Supaya warna pigment tahan lama/tahan cuaca, bisa ditambahkan Ultra Violet Stabilizer (misal Tinuvin P), dengan dosis 0,05%-0,1% dalam gel coat warna.

Untuk menambah kelarutan, Tinuvin P harus dilarutkan dahulu dalam sedikit Styrene Monomer sebelum dicampur kedalam gel coat.

5. *Styrene Monomer (SM)*

SM berbentuk cairan encer bening tidak berwarna, kira-kira 35% dari kandungan polyester resin adalah SM. Fungsinya adalah mengencerkan polyester resin. SM mempunyai daya melarutkan yang besar terhadap polyester resin. Penambahan beberapa persen saja sudah banyak menurunkan kekentalan polyester resin. SM tidak boleh disimpan ditempat yang panas dan tidak boleh disimpan lama, sebab akan membeku.

6. *Bahan Pelepas (Mold Release)*

Tujuan pemakaian bahan pelepas adalah supaya produk FRP yang dicetak tidak menempel pada cetakan (mold)nya. Bahan pelepas yang baik akan menghasilkan produk FRP yang halus dan mengkilap permukaannya.

Ada 2 (dua) macam bahan pelepas yang sering dipakai,

- PVA cair, berupa cairan biru (misal Yukalac JSRA-1).
- Mold Release Wax (misal MGH 8).

II.3 Sifat dan Karakteristik Kapal Cepat Foam Core Sandwich

Pengertian Kapal Cepat

Kapal cepat bisa diartikan bila gerakannya melebihi angka 0,33 untuk bilangan Froude-nya.

Pada bilangan Froude $> 0,33$ gerakan kapal mulai didominasi oleh hambatan gelombang, namun demikian kecepatan kapal yang diperoleh tidak akan memadai dalam mencapai kecepatan yang dikehendaki. Salah satu cara menambah kecepatan tersebut dengan menggunakan cara luncur (planing).

II.3.1 Konsep Planing

Konsep kapal planing dikembangkan berdasarkan pada pemikiran usaha peningkatan kecepatan kapal dengan jalan memperkecil hambatan yang bekerja pada kapal tersebut.

Dalam hal ini, penurunan tahanan kapal adalah dilakukan dengan memperkecil luas permukaan basah dan memperpendek panjang badan kapal yang tercelup, yang dapat diperoleh dengan memanfaatkan adanya gaya dinamis yang bekerja. Gaya dinamis disini berupa gaya keatas, yaitu yang ditimbulkan oleh kecepatan gerak maju kapal, yang selanjutnya akan mengangkat badan kapal diatas permukaan air.

II.3.2 Teori Dasar Planing

Istilah planing adalah diambil dari kata plan, yang artinya adalah bidang rata.

Dari ini, istilah kapal planing secara teknis dapat dijelaskan sebagai kapal yang memanfaatkan bidang dasar kapal yang rata untuk menimbulkan gaya dinamis yang akan menyangga beratnya.

Dari pengertian diatas, teori planing dapat dijelaskan dengan mengamati gaya-gaya hidrodinamis yang bekerja pada pelat rata dengan panjang tak berhingga, yang diletakkan dalam posisi miring dan berlawanan terhadap kecepatan aliran air (lihat gambar 2.1).

Dengan mengacu pada gambar 2.1 dapat ditunjukkan bahwa pada saat semburan air bebas (free jet) membentur pelat pejal datar, momentum dari semburan air yang tegak lurus terhadap pelat yang akan runtuh. Hal ini disebabkan karena pada pelat akan timbul gaya reaksi terhadap semburan, yang mempunyai komponen yang tegak lurus terhadap semburan. Bilamana semburan air mempunyai arah horizontal, dan pelat datar diletakkan pada posisi miring sehingga ujung depannya (leading edge) terletak di atas permukaan air (atau centreline dari jet), maka akan timbul komponen gaya reaksi kearah atas yang akan melawan gaya berat dari pelat. Dengan demikian prinsip kerja pelat datar inilah yang telah diterapkan dalam pengoperasian kapal planing yang efektif.

II.3.3 Badan Kapal Planing

Dengan berkembangnya kapal cepat pada awal abad ke 20, meluasnya pemakaian mesin ringan dengan tenaga tinggi. Maka penelitian dan pengembangan kapal planingpun makin meningkat. Kapal-kapal planing pada umumnya dirancang dengan bentuk buritan yang lebar dan buttock line yang lurus dibagian belakangnya. Bentuk demikian ini memungkinkan proses squatting (tenggelamnya badan kapal, sehingga displasemen lebih besar dari sebenarnya) pada kecepatan tinggi dapat dibatasi.

Meskipun usaha diatas telah menunjukkan peningkatan unjuk kerja, namun spray sebagai masalah lain dari kapal planing belum tentu dapat diatasi dengan baik. Spray ini timbul karena adanya saru lapisan air yang mengalir melewati sisi dasar, yang selanjutnya akan terpisah dari badan kapal dalam bentuk pancaran air. Pada awal perkembangan kapal planing, spray yang demikian ini masih dapat diterima, bahkan kadang-kadang dipakai dalam mempromosikan konsep planing tersebut. Dewasa ini telah banyak dilakukan usaha untuk memperkecil pengaruh spray, karena hal ini menimbulkan berbagai kerugian, antara lain kecenderungan naiknya air ke geladak (deck wetnees), bertambahnya tahanan kapal, serta ketidak stabilan dinamis dari roll, pich dan yaw. Pengurangan spray yang cukup efektif, terutama untuk kapal planing

dengan dasar melengkung, salah satunya dapat dilakukan dengan pemasangan spray rails.

Dalam gambar 2.2 vektor kecepatan spray, V rel. mempunyai arah relatif melintang dasar kapal (sedikit mengarah buritan).

Dengan V rel. mengarah kebelakang, maka kecepatan absolutnya akan mengecil, sehingga energi kinetik yang dikeluarkanpun menurun. Sebagai hasil dari phenomena ini gaya-gaya hidrodinamik yang bekerja pada kapal akan dibatasi, dengan demikian gerakan kapal dapat menjadi cukup tenang.

Untuk kapal-kapal dengan deadrise angle (sudut kemiringan dasar) β , yang lebih kecil, seperti racing boats, arah spray cenderung untuk lebih tegak lurus terhadap arah maju kapal. Hal ini akan menaikkan gaya hidrodinamik penyangga, yang akan berpengaruh pada pengurangan tahanan, tetapi dipihak lain akan menjadikan gerakan kapal relatif besar (kurang tenang). Pada umumnya kapal planing dengan bentuk dasar /bilga lengkung (round bilge) mempunyai karakteristik spray seperti yang pertama.

Bersamaan dengan perkembangan kapal planing dengan bilga lengkung, penelitian kapal planing dengan berbentuk V juga semakin meluas. Konfigurasi V dengan sedikit lengkungan kedalam (concave) dan β yang kecil, biasanya dipakai untuk menaikkan gaya angkat, seperti pada prinsip spray yang kedua. Bentuk V dasar kapal dengan tekukan tajam

(hard chine) dibagian sisi, adalah merupakan bentuk kapal planing yang banyak dijumpai selama ini (gambar 2.3).

Pada awal perkembangannya, kapal cepat dengan bilga lengkung dan hard chine umumnya mempunyai harga rasio panjang/lebar yang relatif besar.

Tetapi sekitar tahun 30an mulai ada kecenderungan untuk memperbesar lebar kapal, dengan alasan utama untuk menambah volume ruangan dan stabilitas, terutama bila dirancang dengan bangunan atas yang relatif lebih besar.

Dalam perkembangan kapal planing selanjutnya, berbagai variasi bentuk badan **V** telah diteliti; sebagai contohnya bentuk lonceng terbalik, bentuk **W** dan bentuk delta dari Levi, serta bentuk-bentuk rumit lainnya (gambar 2.4). Bentuk-bentuk yang demikian ini masih harus diteliti, meskipun bila harus diperhatikan penelitian-penelitian ini mengarah pada satu titik temu. Usaha-usaha untuk meningkatkan kecepatan kapal dengan bilga lengkung dan usaha untuk meningkatkan karakteristik gerakan kapal bentuk **V** pada akhirnya menghasilkan kombinasi bentuk umum, seperti ditunjukkan dalam gambar 2.5. Seperti dapat dilihat dalam gambar tersebut, bagian depan kapal ini mempunyai bentuk melengkung.

Pemakaian sudut kemiringan β besar merupakan terobosan penting selanjutnya dari perkembangan kapal planing pada tahun 50an, yaitu pada saat dimana kapal dengan bentuk **V** tajam mulai dibangun untuk

dioperasikan. Kapal-kapal jenis ini adalah yang ditunjukkan dalam gambar 2.6. Sebelum perkembangan ini, para perancang lebih percaya bahwa kapal cepat harus mempunyai dasar rata (terutama di bagian buritan), disamping juga sudut dasar harus konstan (monohedron). Konsep ini masih dapat diterapkan, meskipun perlu adanya beberapa perbaikan untuk meningkatkan karakteristik gerakan kapal, yaitu dengan sedikit menaikkan β dibagian buritannya. Kembali ke gambar 2.6, spray strips akan menambah gaya angkat, meskipun dengan bentuk V tajam permukaan planing akan sedikit berkurang.

II.3.4 Tahapan Operasi Kapal Cepat

Kapal cepat pada saat operasi, mulai dari kecepatan $v=0$ knot sampai dengan kecepatan tinggi, dapat dilihat akan melampaui tiga tahapan (mode) kecepatan sebagai berikut,

a) *Tahapan displasemen murni*

b) *Tahapan semiplaning*

c) *Tahapan planing penuh*

a) *Mode Displasemen Murni ($0,0 < Fn < 0,6$)*

Kapal-kapal komersial besar hampir selalu berlayar pada mode ini, dimana berat kapal seluruhnya disangga oleh gaya angkat (buoyancy).

Kapal yang berlayar dengan kecepatan cukup rendah ($Fn < 0,3$) tidak akan mengalami perubahan trim ataupun titik berat (VCG) yang berarti. Dengan naiknya kecepatan (Fn) perubahan tersebut mulai timbul.

Perubahan ini terjadi akibat naiknya aliran karena bertambah terbenamnya kapal, yang selanjutnya sesuai dengan hukum *Bernaoulli* akan berakibat pada penurunan tekanan dibawah kapal bagian buritan dan kenaikan tekanan dibawah haluan kapal.

Dalam kondisi ini akan menarik juga jika diamati sistem gelombang yang terbentuk oleh gerakan kapal. Pada $Fn < 0,4$ atau $V/v_L < 1,25$ akan terjadi lebih dari satu gelombang melewati sepanjang badan kapal. Pada kecepatan karakteristik kapal $Fn = 0,43 \sim 0,5$ atau $V/v = 1,4 \sim 1,56$ tahanan gelombangnya relatif akan mencapai maksimum. Kapal akan bergerak dengan trim buritan diatas gelombang yang terbentuk. Diagram tahanan pada Fn ini akan berbentuk kurva melengkung keatas, atau disebut *hump*, sehingga kecepatan kapal disebut juga sebagai kecepatan *hump*.

Pada kecepatan yang lebih tinggi ($Fn > 0,5$), puncak gelombang kedua akan berada jauh dibelakang buritan, dan tahanan sedikit menurun. Proses pembentukan gelombang seperti diatas adalah seperti diberikan dalam gambar 2,7.

b) Mode Semiplaning ($0,6 < Fn < 1,2$)

Pada fase semiplaning berat kapal akan disangga lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik daripada hidrostatik (yang bersamaan dengan ini akan menurun secara teratur). Gaya angkat hidrodinamik ini timbul karena adanya deviasi aliran di sekitar dasar kapal bagian buritan, sehingga mengakibatkan kapal *trim*.

Dari berbagai pengukuran tes model didapat bahwa fase ini titik berat akan naik. Pada sekitar $Fn = 0,6$, VCG mencapai ketinggian yang sama dengan pada saat $V = 0$ knot, dan selanjutnya VCG terus naik sampai kecepatan karakteristik $Fn \approx 1,2$ dicapai. Dari kecepatan $V = 0$ sampai dengan $Fn = 0,9$ haluan kapal akan terus naik ke arah permukaan, sedangkan buritannya akan berangsur-angsur terbenam. Pada sekitar $0,9 < Fn < 1,2$ buritan kapal mulai naik lagi, tetapi tidak begitu besar, sampai dengan munculnya haluan. Dengan demikian trim akan tetap naik sampai dengan $Fn=1,2$ dicapai (lihat gambar 2.8).

Pada mode semiplaning, gelombang haluan mengecil dan bergeser ke belakang, serta dilingkupi oleh spray. Di belakang *transom* (buritan rata) terjadi lembah gelombang, yang bentuk ukurannya sangat bergantung pada bentuk buritan kapal, trim dan terutama juga pada gaya angkat hidrodinamis.

c) Mode Planing Penuh ($Fn > 1,2$)

Mode planing murni dapat ditandai dengan kondisi dimana hampir seluruh berat kapal disangga oleh gaya angkat hidrodinamik, dan hanya sebagian kecil berat kapal yang ditumpu pada gaya hidrostatik (yang juga kecil).

Meskipun kapal hampir seluruhnya meluncur di permukaan air, dan permukaan basahya menjadi sangat kecil demikian juga trim kapal mulai menurun dibandingkan dengan pada fase semiplaning, tetapi tekanan hidrodinamik menjadi sangat besar sebagai akibat kecepatan tinggi yang diperoleh dari gaya dorong propeller. Pada fase planing murni, bagian kapal yang terbenam sangat kecil, sehingga gelombang yang terbentuk hampir hilang sama sekali (lihat gambar 2.9).



BAB III

BAB III

TEKNOLOGI PRODUKSI KAPAL CEPAT

FOAM CORE SANDWICH

III.1 Persiapan Produksi

Persiapan produksi meliputi persiapan pembangunan fisik di galangan dan pembuatan paket disain sesuai prosedur pembuatan kapal, maka perlu adanya persetujuan yang telah disepakati antara calon pemilik dan konsultan sesuai spesifikasi/data teknis yang telah diajukan dalam mewujudkan disain awal sebelum melangkah pada proses pembangunan, adapun secara sekilas dari pekerjaan pembuatan paket disain melalui tahapan yang meliputi;

- DISAIN AWAL ;

- Estimasi ukuran utama, volume dan berat kapal
- Penentuan bentuk badan kapal (hull-form) yang optimum.
- Rencana umum kapal (lay-out ruangan dan perlengkapan).
- Perhitungan dimensi konstruksi utama kapal.
- Perhitungan berat, trim dan stabilitas.
- Perhitungan tahanan dan penentuan alat pendorong kapal.
- Test material (uji kemampuan shear dan bending).

- Test percobaan model kapal.
- Spesifikasi pedoman pembangunan kapal.
- Estimasi harga kapal (tenaga kerja, material terpasang dan peralatan penunjang/fasilitas).

- DISAIN KONTRAK;

- Pemeriksaan kembali dari parameter disain awal.
- Rencana umum kapal.
- Spesifikasi kontrak.
- Penjadwalan pengadaan gambar disain, pengadaan material dan proses pembangunan kapal.

- PEKERJAAN GAMBAR + DETAIL ;

- Klasifikasi gambar, disesuaikan tingkat kekomplekan kapal.
- Buku dan gambar kerja.

- PEKERJAAN PEMBANGUNAN KAPAL ;

- Evaluasi disain, meliputi ;
- Perubahan rencana gambar dan detail.
- Perubahan rencana berat dan berat terpasang.
- Perubahan rencana stabilitas.

- PELUNCURAN KAPAL;

- Inclining test.

- TEST dan PERCOBAAN KAPAL

- Buku pedoman stabilitas.
- Laporan test permesinan dan sistim dalam kapal + buku/ gambar petunjuk pengoperasian setiap sistem.

- PENYERAHAN KAPAL;

- Sertifikat, dokumen dan surat-surat kapal.
- Evaluasi harga (post calculation).

- PENGOPERASIAN KAPAL

- Laporan hasil evaluasi pengoperasian kapal dari calon pemilik sebagai bahan masukan dalam disain berikutnya.

Penjelasan diatas;

ad.1.Perlu diketahui pula bahwa disain tidak ada yang sempurna terus berkembang seiring dengan teknologi yang terus berkembang pula, hasil produksi terus dievaluasi sebagai masukan yang tak henti-hentinya. Itulah kita mengenal spiral disain dalam rancang bangun kapal yang terus

menerus, hal ini juga diterapkan dari disain awal hingga proses pembangunan fisik kapal. Sebelum dilaksanakan pembangunan fisik maupun pengadaan material maka semua estimasi kalkulasi-kalkulasi kapal, paket gambar termasuk gambar kerja lapangan, pedoman spesifikasi pembangunan kapal, kalkulasi harga kapal, schedule dari disain + pengadaan + pembangunan hingga serah terima oleh calon pemilik kapal yang dituangkan dalam kontrak pembangunan kapal.

ad.2.Setelah kontrak disetujui pekerjaan berikutnya dari disain awal yang ada diperiksa kembali dari parameter yang ada dengan dibuatkan yang real dan lebih teliti.

ad.4.Pekerjaan pembangunan fisik dilaksanakan semua paket disain dan spesifikasi pembangunan telah diapproval oleh pemilik kapal. Didalam pembangunan kapal terutama kapal baru kendala dan kesulitan juga masih ditemukan, semua tahapan dilaporkan kepada pemilik guna persetujuan sekaligus merupakan evaluasi masukan.

ad.5.Disini keakuratan kalkulasi berat dan titik berat dari stabilitas kapal diatas meja akan dibuktikan dengan inclining test yang sederhana dilakukan dan dilaporkan kepada pemilik kapal.

ad.6.Merupakan bukti tentang performance.

ad.7.Pekerjaan evaluasi harga untuk merecord semua material terpasang, jasa jam orang disain dan lapangan, penggunaan fasilitas dan peralatan dll.

ad.8.Bertahun-tahun terus dimonitor tentang pengoperasian kapal sebagai masukan untuk disain berikutnya.

III.2. Fasilitas dan Peralatan Penunjang Produksi.

Pada dasarnya semua fasilitas dan peralatan penunjang yang digunakan lebih sederhana. Fasilitas kerja cukup berupa ruangan yang terlindungi dari hujan, debu, bersuhu ruangan dan mempunyai ventilasi udara sehingga mengurangi bau dari resin bahan Fiberglass Reinforced Plastic, serta memungkinkan pekerja dapat leluasa bekerja. Selain itu daripada galangan tersebut harus srategis/efisien sehingga proses pelaksanaan pekerjaan dapat lebih mudah dan lebih cepat. Untuk lebih idealnya, lokasi galangan kapal FRP berada ditepi pantai/ sungai untuk memudahkan proses naik turunnya kapal.

Adapun pengelompokannya adalah;

- Fasilitas penunjang,

- Listrik
- Peluncuran
- Alat angkat/ Crane
- Bengkel
- Pergudangan
- Kantor
- Areal pembangunan

- Peralatan penunjang

- Blender

Digunakan dalam proses pencampuran gelcoat dan pigment, resin dengan catalyst.

- Kuas (Brush)

Digunakan untuk proses pengecoran resin dan fiberglass secara hand lay up.

- Roller

Digunakan untuk mengilas udara yang terjebak dalam proses pengecoran FRP.

- Vibrator

Digunakan untuk menggilas udara yang terjebak dalam proses pengecoran FRP dengan Foam core.

- Power Sender

Digunakan untuk meratakan/memperhalus permukaan FRP.

- Spray Gun

Digunakan untuk melaksanakan proses penyemprotan gelcoat pada cetakan.

- Mesin gerinda, gunting, bor, gergaji, clamp, kape, kompresor dan lain-lain.

III.3. Teknik Produksi

Teknik produksi tidak banyak berbeda dengan kapal lainnya hanya perbedaan utama adalah dari teknik pengerjaan dan sifat material serta fasilitas peralatan penunjang produksi yang digunakan.

Sebelum pelaksanaan pekerjaan fisik dimulai maka perlu adanya perhitungan estimasi yang memudahkan dengan cara membuat rencana urutan pekerjaan setiap cetakan (mould) didalam pembangunan fisik serta menggunakan berbagai standart jam orang untuk perhitungan

jasa. Sehingga didalam proses produksi tersebut dibuat rencana schedule.

Adapun pembuatan rencana schedule dibagi menjadi 3 bagian yaitu;

1. Schedule penyiapan paket disain.
2. Schedule pengadaan barang terpasang.
3. Schedule pelaksanaan pembangunan fisik.

Dimana semuanya ini saling berkaitan dan dapat dibuatkan net-work plan sehingga mudah untuk monitoring tentang keterlambatan yang akan terjadi serta memprioritaskan pekerjaan-pekerjaan yang harus dilaksanakan, sehingga mudah bagi pimpinan untuk mengambil langkah yang tepat dan lebih dini.

Dalam kecepatan produksi rancang bangun kapal sangat ditentukan dari faktor seperti bagian perancangan dengan penggunaan program komputerisasi untuk bidang perkapalan dan informasi data-data perkembangan/penelitian kapal yang dimiliki sebagai referensi dasar untuk rekayasa.

Pada rancang bangun kapal yang baik bukan saja mengutamakan performance dari bentuk hull-form semata-mata tetapi bagi perancang juga telah terpikirkan bagaimana tentang kemudahan dan kesederhanaan teknik memproduksi kapal tersebut dalam jumlah banyak.

Teknik produksi pada kapal Foam core laminasi FRP adalah dengan cara,

- Hand lay up
- Spray lay up

Tahap-tahap dalam proses produksi kapal Foam core laminasi FRP dapat dijelaskan sebagai berikut;

a. Penyiapan Cetakan

Cetakan dibersihkan dari kotoran-kotoran selanjutnya dilaksanakan pencucian dengan air bersih panas kemudian dikeringkan dengan kain pembersih.

b. Pemolesan Cetakan

Setelah cetakan dalam keadaan bersih dilakukan pemolesan dengan Robbing Compound secukupnya secara merata dan dibersihkan kembali setiap kali pemolesan dengan kain bersih. Sesudah itu dilakukan pemolesan kembali dengan memakai Kit . Tahap selanjutnya adalah pemolesan dengan menggunakan Mirror Glaze sehingga rata.

c. Gelcoating

Langkah selanjutnya diadakan gelcoating dengan cara disemprot menggunakan spray gun atau dioles dengan kwas sampai merata dan memenuhi ketebalan yang diinginkan.

d. Pengecoran/ Laminasi (kulit bagian luar)

Setelah gelcoating selesai, dilakukan laminasi bahan-bahan Fibreglass Reinforced Plastic (resin, serat fibreglass dan bahan additive) lapis demi lapis sambil di roll untuk meratakan dan mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terjebak dalam lapisan tersebut sampai diperoleh ketebalan lamina kulit luar yang direncanakan.

e. Pengecoran Foam Core.

Dilakukan setelah lamina kulit luar telah selesai dikerjakan dan resin pada lamina tersebut belum kering, lembaran Foam Core tersebut ditempelkan pada sisi dalam kulit luar yang masih basah tersebut. Agar permukaan Foam Core rata, maka permukaan tersebut di-vibrator . Hal ini dilakukan supaya larutan pengisi dan resin dapat meresap dan menempel dengan rata pada permukaan Foam Core tersebut.

f. Pengecoran / Laminasi (kulit bagian dalam)

Selanjutnya dilakukan laminasi kulit bagian dalam setelah Foam Core terpasang dengan baik. Teknik pelaksanaan sama seperti laminasi kulit bagian luar sampai mencapai susunan ketebalan yang direncanakan.

g. Konstruksi Penguat dan Sekat-Sekat

Setelah laminasi kulit selesai dilakukan pemasangan penguat dan sekat-sekat seperti yang disyaratkan oleh American Bureau of Shipping (ABS) 1990 - High Speed Craft, section 7 , Fig 7.1 , Fig 7.2 , Fig 7.3.

h. Pencabutan

Selanjutnya dilaksanakan pencabutan dari cetakan.

i. Penggabungan

Tahap berikutnya dilakukan penggabungan antar bagian sehingga menghasilkan struktur yang utuh.

j. Pemasangan Perlengkapan dan Accesories

k. Pemasangan Instalasi listrik, piping sistem dan engine.

l. Pembuatan Interior dan Eksterior

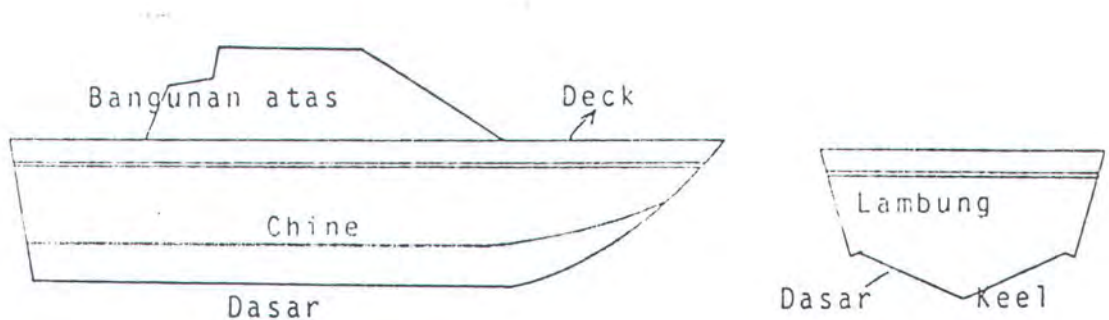
m. Finishing

n. Sea Trial, selanjutnya diserahkan ke Owner.

III.4. Perbaikan Keretakan Pada Kapal Foam Core FRP.

Jika terjadi suatu keretakan atau karena sesuatu hal lambung atau dinding robek/retak, maka urutan tindakan yang harus diambil adalah sebagai berikut,

1. Dilihat dimana terjadi retak/robek tersebut , didasar, keel, lambung, lantai, deck, atau bangunan atas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada sket dibawah ini



Gambar 3.1

2. Dilakukan perbaikan dengan susunan laminasi yang sesuai dengan konstruksi kapal (bisa dilihat di gambar ...). Untuk lebih mudahnya susunan laminasi berikut dapat dilihat pada tabel

III.4.1. Persiapan Perbaikan

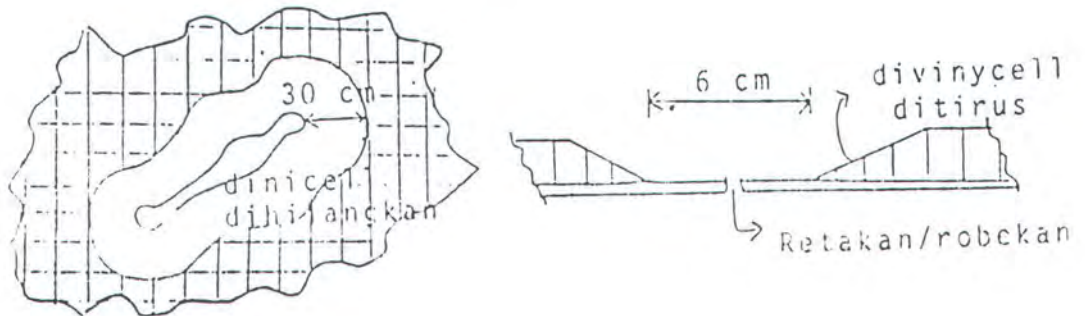
1. Siapkan , material yang akan digunakan, dipotong-potong sesuai dengan luas daerah yang akan dilaminasi.
2. Siapkan resin secukupnya (biasanya 1 kg material fibreglass dibutuhkan 1,5 kg resin).
3. Campur resin dengan katalis perbandingan katalis dengan resin 1 : 100 dan diaduk sampai benar-benar rata. Dalam mecampur resin dengan katalis sebaiknya secukupnya saja biasanya per satu gayung resin agar tidak kering sebelum digunakan.

III.4.2. Cara Perbaikan Keretakan atau Robek

1. Jika terjadi keretakan diperiksa dan dicari ujung-ujung retak tersebut.
2. Ujung-ujung retak dibor, sehingga keretakan tidak menjalar.
3. Alur retakan/robekan diperbesar dan dihaluskan sehingga tidak ada ujung-ujung yang tajam.

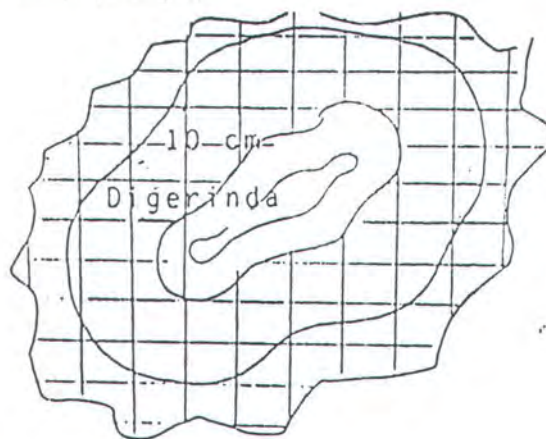


4. Dari bagian dalam kapal sepanjang retakan/robekan Foam Core dihilangkan, kira-kira 3 cm sekeliling dan 5 cm disekeliling robekan kemudian dibuat tirus.



Gambar 3.3

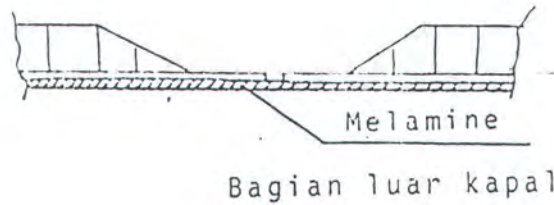
5. 10 cm di sekeliling retakan/robekan digerinda sehingga kotoran-kotoran yang melekat hilang. Penggerindaan harus benar-benar bersih sehingga laminasi dapat melekat sempurna.



Gambar 3.4

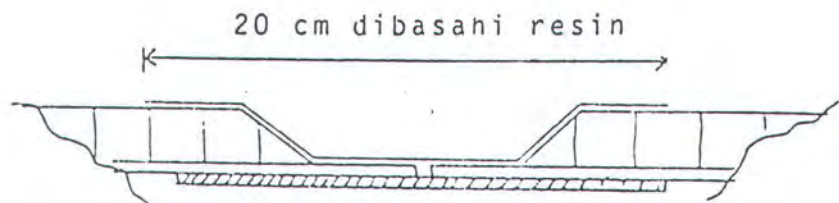
6. Dari sisi luar kapal ditutup dengan bahan yang licin (misalnya melamine). Permukaan yang halus ada disebelah dalam, dan digosok

dengan wax agar hasil cetakan tidak melekat dan permukaan benar-benar licin. Jika tidak ada wax maka bisa digunakan PPA akan tetapi hasilnya tidak akan selicin jika menggunakan wax.



Gambar 3.5

7. Daerah yang telah digerinda dibasahi dengan resin yang telah dicampur dengan katalis dengan menggunakan kwas.



Gambar 3.6

8. Dilakukan pelapisan sesuai dengan urutan laminasi dimana retak itu terjadi sampai pada lapisan terakhir. Misalkan di lambung maka laminasi dilakukan seperti gambar dibawah.

- a. Setelah bagian yang digerinda basah oleh resin lembarkan CSM 300 diatasnya kemudian ditekan-tekan dengan kwas dan tambahkan resin sampai seluruh permukaan CSM 300 tersebut basah oleh resin.
- b. Lembarkan CSM 300 diatasnya dan dengan kwas resin ditekan-tekan sehingga seluruh permukaan basah oleh resin dan fibreglass kelihatan bening.
- c. Demikian seterusnya sehingga lapisan sesuai dengan lapisan di lambung.

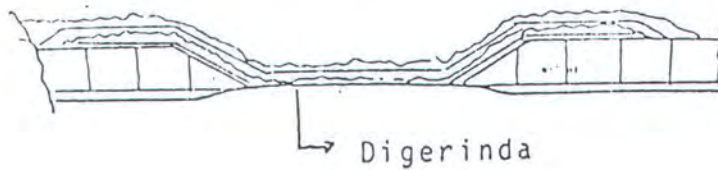


Gambar 3.7

Laminasi antara lapisan satu dengan lapisan yang lain dilakukan pada kondisi basah. Misalnya, Lapisan kedua dilakukan pada saat lapisan pertama masih basah dan seterusnya.

9. Setelah laminasi (pelapisan) selesai ditunggu kurang lebih 3 jam sehingga laminasi kering. Setelah kering melamine dibuka, bagian yang

tadinya tertutup melamine digerinda sehingga gelcoat (warna) disekitar retak/ robek hilang (10cm disekitar retakan/ robekan).



Gambar 3.8

10. Langkah selanjutnya adalah pelapisan dari luar. Bagian luar yang telah digerinda dibasahi dengan resin yang telah dicampur dengan katalis. Kemudian dilakukan pelapisan CSM 300 dua kali.



Gambar 3.9

11. Setelah kering permukaan luar tersebut didempul dan diamplas sehingga rata dan halus kemudian dicat sesuai dengan warna sebelumnya.



BAB IV

BAB IV

KONSTRUKSI PENAMPANG MELINTANG

IV.1. Perencanaan Pembebanan pada Lambung Kapal.

Sebelum melakukan perencanaan konstruksi penampang melintang pada lambung kapal cepat maka hal pertama yang harus kita lakukan yaitu mengidentifikasikan kapal cepat yang akan kita tinjau. Adapun kapal cepat yang akan ditinjau kapal patrol boat KPLP dengan data ukuran utama yaitu :

- Length Over All = 12 m ; Waterline Length (L) = 10.8 m
- Breadth = 3.5 m ; Waterline beam (Bwl) = 3.0 m
- Height = 1.55 m ; Draft = 0.6 m
- Top Speed = 35.0 knots ; Displacement = 8.0 ton
- Jarak jelajah 150 miles ^(*)
- Deadrise angle di LCG = 12 ° ; Deadrise angle di Midship = 12 °
- Running trim angle = 5,0 °

Adapun salah satu batasan yang diberikan oleh klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Norwegia untuk patrol boat yaitu :

$$\Delta \leq (0.16 * L * B)^{1.5}$$

$$8.0 \leq (0.16 * 12 * 3.5)^{1.5}$$

$$8.0 \leq 17.42$$

(*) Service area notations R3

$$\Delta \text{ (ton)} \quad L , B \text{ (m)}$$

Simbol / tanda untuk kapal patroli yaitu : X 1A 1 HSLC Patrol

Kalau kita tinjau dari konsep dasar kapal planing dimana usaha peningkatan kecepatan kapal dengan jalan memperkecil hambatan yang bekerja pada kapal tersebut dalam hal ini, penurunan tahanan kapal adalah dilakukan dengan memperkecil luas permukaan basah dan memperpendek panjang badan kapal yang tercelup yang dapat diperoleh dengan memanfaatkan adanya gaya dinamis yang bekerja. Gaya dinamis di sini berupa gaya ke arah atas, yaitu yang ditimbulkan oleh kecepatan gerak maju kapal yang selanjutnya akan mengangkat badan kapal diatas permukaan air. Jadi dari pemahaman tersebut maka kapal patroli diatas termasuk kapal planing .

Untuk memahami kondisi pembebanan yang terjadi pada kapal planing ini maka hal utama yang harus kita perhatikan adalah tahapan operasinya yaitu :

1. Tahapan mode displacement murni ($0.0 < F_n < 0.6$) (@)
dimana pada mode ini gaya yang bekerja untuk menyangga beban kapal adalah gaya angkat hidrostatik (bouyancy).
2. Tahapan mode displacement murni ($0.6 < F_n < 1.2$) dimana pada mode ini gaya yang bekerja untuk menyangga beban kapal yaitu lebih banyak oleh gaya angkat hidrodinamik dari

$$(@) F_n = \frac{V}{\sqrt{g * L}}$$

pada hidrostatik (gaya hidrostatik ini secara teratur akan menurun)

3. Mode planing penuh ($F_n > 1.2$) dimana pada mode ini gaya yang bekerja untuk menyangga badan kapal hampir seluruhnya oleh gaya hidrodinamik hanya sebagian kecil yang disangga gaya hidrostatik.

Dari pemahaman di atas maka dapat kita simpulkan bahwa gaya yang bekerja pada lambung kapal patroli di atas disebabkan oleh dua gaya yaitu gaya hidrostatik dan gaya hidrodinamik. Dalam perhitungan pembebanan yang terjadi pada lambung kapal cepat mengacu pada klasifikasi Det Norske Veritas (DNV), Norwegia.

IV.1.1. Perhitungan gaya hidrostatik dan gaya hidrodinamik.

Pada waktu kapal cepat beroperasi salah satu gerakan yang berpengaruh terhadap gaya tekan pada daerah lambung (pressure on bottom) yaitu percepatan vertikal (vertical acceleration)

1. Percepatan vertikal gerakan kapal, menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 1, Section 2, B.201 (Design vertical acceleration) maka persyaratan percepatan vertikal tidak boleh kurang dari ⁽¹⁰⁾ :

$$a_{cg} = \frac{V}{\sqrt{L}} \frac{3.2}{L^{0.76}} f_g * g_o \quad (m / s^2)$$

dimana : V , kecepatan kapal (knot)

L , panjang kapal dari AP ke FP (m)

B_{WL} , lebar kapal pada garis air penuh

f_g , faktor percepatan (acceleration factor) ^(*) = 1

besarnya nilai f_g , tergantung dari tipe kapal dan jangkauan daerah pengoperasiannya serta notasi pengoperasian dari kapal yang ditinjau dalam hal ini kapal yang ditinjau adalah termasuk kapal patroli dengan jangkauan terjauh daerah pengoperasian 150 miles dari tempat kapal berlabuh dan dari Det Norske Veritas (DNV) Part 1 chapter 1 B.401 notasi untuk daerah pengoperasian tersebut yaitu R3 sehingga pada tabel Part 3, Chepter 1, Section 2, B.201 diperoleh $f_g = 1$

g_0 , percepatan gravitasi bumi = 9.81 m/s^2

$\frac{V}{\sqrt{L}}$ yang diambil tidak lebih dari 3

$$\frac{V}{\sqrt{L}} = \frac{35}{\sqrt{10.8}} = 10.65 > 3 \text{ maka ambil } = 3$$

$$a_{cg} \text{ minimal} = 1 * g_0 = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$a_{cg} = 3 \frac{3.2}{10.8^{0.76}} 1 * 9.81 = 15.44 \text{ m/s}^2$$

^(*) fraction of g_0

Pada proses perhitungan selanjutnya diambil $a_{cg} = 15.44 \text{ m/s}^2$

2. Tekanan karena hempasan pada lambung bawah (Slamming pressure on bottom) adalah termasuk gaya hidrodinamis dan menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chepter 1, Section 2 C.201 maka persyaratan tekanan karena hempasan pada lambung bawah (Slamming pressure on bottom) adalah :

$$p_{sl} = 1.3 * k_l * \left(\frac{\Delta}{A} \right)^{0.3} * T_o^{0.7} * \frac{50 - \beta_x}{50 - \beta_{cg}} * a_{cg} \quad (\text{kN / m}^2)$$

dimana : p_{sl} , Tekanan karena hempasan pada lambung bawah
(Slamming pressure on bottom)

k_l , Longitudinal distribution faktor = 1 diperoleh dari Det Norske Veritas (DNV) grafik gambar 3 pada Part 3, chapter 1, Section 2

Δ , Displacement kapal

g_o , percepatan gravitasi bumi

a_{cg} , percepatan vertikal gerakan kapal

T , Sarat pada saat displacemen penuh

β_x , Deadrise angle di station yang ditinjau yaitu di midship

β_{cg} , Deadrise angle pada garis titik berat memanjang (LCG)

A , luasan area beban dari elemen yang ditinjau.

$$A = 2.5 * s^2 \quad (\text{m}^2)$$

s , jarak gading = 1.0 m (dari data kapal yang akan ditinjau)

Pada umumnya A tidak boleh kurang dari $\frac{L * B_{WL}}{1000} \quad (m^2)$

$$\frac{L * B_{WL}}{1000} = \frac{10.8 * 3.5}{1000} = 0.0378 \quad (m^2)$$

$$A = 2.5 * s^2 = 2.5 * 1.0^2 = 2.5 m^2 \text{ maka ambil } A = 2.5 m^2$$

maka :

$$p_{sl} = 1.3 * 1 * \left(\frac{8}{2.5 * 1.0^2} \right)^{0.3} * 0.6^{0.7} * \frac{50 - 15}{50 - 15} * 15.44 \quad (kN / m^2)$$

$$p_{sl} = 19.9 \text{ kN} / m^2$$

3. Gaya tekan air pada lambung kapal sebelah samping (Side sea pressure)

adalah termasuk gaya hidrostatis dan menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 1, Section 2 C.500 maka persyaratan tekanan karena gaya hidrostatis pada lambung samping (Slamming pressure on bottom) terdiri dari dua daerah pembebanan yaitu :

- Pembebanan pada lambung samping dibawah garis air (load point below design waterline) didaerah Midship, adapun perencanaan perhitungan beban tekan yaitu :

$$p = 10 * h_o + \left(k_s - 1.5 * \left(\frac{h_o}{T} \right) \right) * C_w \quad (kN / m^2)$$

dimana :

h_o : Jarak vertikal dari sarat air ke titik pusat
pembebanan (m)

$$: 0,1 * 2/3 = 0,067 \text{ m}$$

k_s : 7.5 untuk daerah midship

: 5 / C_b untuk daerah sampung depan (FP)

sedangkan pada daerah antara AP - FP

dengan garis air tertentu bisa dicari pada

grafik Det Norske Veritas (DNV)

Part 3, Chepter 1 Section 2, C.501

C_w : Koefisien gelombang (wave coefficient) = 1,

didapat dari grafik 1 Det Norske Veritas (DNV)

Part 3, Chepter 1 Section 2 A.201

$$C_b : \text{Koefisien blok} = \frac{\Delta}{1.025 * L * B_{WL} * T}$$

$$\frac{8}{1.025 * 10.8 * 3 * 0.6} = 0.401$$

a : 1 untuk lambung sisi kapal dan open freeboard
deck

: 0.8 untuk geladak terbuka diatas freeboard
deck

$$p = 10 * 0.067 + \left(7.5 - 1.5 * \left(\frac{0.067}{0.6} \right) \right) * 1 = 8.003 \text{ kN / m}^2$$

- Pembebanan pada lambung samping dibawah garis air (load point below design waterline) didaerah samping depan (0,8L), adapun perencanaan perhitungan beban tekan yang terjadi yaitu : ($h_o=0,033$)

$$p = 10 * h_o + \left(k_s - 1,5 * \left(\frac{h_o}{T} \right) \right) * C_w \quad (\text{kN} / \text{m}^2)$$

di mana $k_s = 10,8$ dari grafik 7, DNV Pt.3,Ch.1,Sec 2 A.201

$$p = 10 * 0.033 + \left(10.8 - 1,5 * \left(\frac{0.033}{0.6} \right) \right) * 1 = 11,05 \text{ kN} / \text{m}^2$$

p minimum untuk R0-R3 = 6.5 kN/m^2 maka kita ambil $p = 11,05 \text{ kN/m}^2$

- Pembebanan pada lambung samping diatas garis air (load point above design waterline) didaerah midship, adapun perencanaan perhitungan beban tekan yaitu ($h_o=0,2$)

$$p = a * k_s * (C_w - 0,53 * h_o) \quad (\text{kN} / \text{m}^2)$$

$$p = 1 * 7.5 * (1 - 0,53 * 0,2) = 6.705 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- Pembebanan pada lambung samping diatas garis air (load point above design waterline) didaerah samping depan (Fp), adapun perencanaan perhitungan beban tekan yaitu ($h_o=0,25$)

$$p = a * k_s * (C_w - 0,53 * h_o) \quad (\text{kN} / \text{m}^2)$$

$$p = 1 * 12,47 * (1 - 0,53 * 0,25) = 10,817 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- Pembebanan untuk geladak terbuka diatas freeboard deck (weather decks above freeboard deck), adapun perencanaan perhitungan beban tekan yaitu

$$p = a * k_s * (C_w - 0,53 * h_o) \quad (\text{kN} / \text{m}^2)$$

$$p = 0.8 * 7.5 * (1 - 0,53 * 0,73) = 5.5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$\text{kita ambil } p = 5.5 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chepter 1, Section 2 C.500 untuk persyaratan tekanan air minimum untuk lambung samping = 6.5 kN/m^2 dan untuk geladak terbuka (weather decks) = 5 kN/m^2 maka dari perhitungan pembebanan yang bekerja pada lambung kapal dan geladak terbuka didapat :

- a. Tekanan karena hempasan pada lambung bawah (Slamming pressure on bottom)

$$p_{sl} = 19.9 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- b. Pembebanan pada lambung samping dibawah garis air (load point below design waterline) di daerah midship

$$p = 8,003 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- c. Pembebanan pada lambung samping diatas garis air (load point above design waterline) di daerah FP

$$p = 10,817 \text{ kN} / \text{m}^2$$

- d. Pembebanan pada geladak terbuka (weather decks above freeboard deck)

$$p = 5.5 \text{ kN / m}^2$$

IV.2. Perhitungan Tegangan Normal Kulit dan Kekuatan *Core Shear*.

Setelah mendapatkan perhitungan pembebanan yang bekerja pada lambung kapal dan geladak terbuka, maka dapat dicari Tegangan normal maximum yang terjadi pada pada kulit, adapun perencanaan menurut Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chepter 4, Section 2 B201.

Maka persyaratan tegangan normal maximumnya adalah:

$$\sigma_n = \frac{160 * p * b^2}{W} C_N C_1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

dimana: $C_n = C_2 + v C_3$, untuk tegangan pada sisi terpanjang, lihat Fig.1

$= C_3 + v C_2$, untuk tegangan pada sisi terpendek , lihat Fig.1

$$b/a = 660/1250$$

$$= 0,528$$

$$C_2 = 0,1 \quad \text{---} \quad C_3 = 0,56 \quad \text{---} \quad v = 0,3$$

W = Section Modulus pada panel Sandwich (mm^2).

$$W = dt$$

$$C_1 = 1,0$$

Untuk sisi terpanjang,

$$C_N = 0,1 + 0,3 (0,56)$$

$$= 0,268$$

$$\sigma_n = \frac{160 * 19,9 * (0,66)^2}{29 * 4} 0,268$$

$$= 3,204 \text{ N/mm}^2$$

Untuk sisi terpendek,

$$C_N = C_3 + v C_2$$

$$= 0,56 + 0,3 (0,1)$$

$$= 0,59$$

$$\sigma_n = \frac{160 * 19,9 * (0,66)^2}{29 * 4} 0,59$$

$$= 7,0543 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan kekuatan maximum *Core Shear*, menurut Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5 B202.

Maka persyaratan kekuatan maximum *Core Shear* nya adalah,

$$\tau_c = \frac{0,52 * p * b}{d} C_s \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Untuk sisi terpanjang,

dimana: $C_s = C_4$ ----- lihat Fig.3

untuk $b/a = 0,528$ didapat

$$C_s = C_4 = 0,88$$

$$\tau_c = \frac{0,52 * 19,9 * 0,66}{29} 0,88$$
$$= 0,207 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Untuk sisi terpendek,

$$C_5 = 0,72$$

$$\tau_c = \frac{0,52 * 19,9 * 0,66}{29} = 0,170 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Dari hasil perhitungan diatas merupakan persyaratan minimal , yang nantinya hasil pengujian Foam Core akan disesuaikan dengan persyaratan tersebut di Det Norske Veritas (DNV), Part 3, Chapter 4, Section 5 B 500, nanti akan dibahas pada Bab V.3 di buku ini.



BAB V

BAB V

ANALISA KEKUATAN FOAM CORE SANDWICH

V.1. Perencanaan Ketebalan Kulit Laminasi.

Perhitungan kekuatan tarik dari laminate kulit Fibreglass Reinforcement Plastic dapat dilakukan melalui analisa teoritis dan melalui pengujian laboratorium.

Pada tugas akhir ini hanya dibahas perhitungan secara teoritis yang disesuaikan dengan data laminasi pada kapal cepat 12 meter.

Adapun perhitungan analisa kekuatan tarik secara teoritis biasanya digunakan sebagai langkah pendekatan awal untuk merencanakan komposisi serat penguat dan matriks yang mungkin dapat dilaksanakan sehingga diperoleh hasil yang optimal ditinjau dari segi kekuatan dan berat laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich.

V.1.1. Analisa teoritis ketebalan lamina

Hal penting yang harus dipertimbangkan dalam menyusun laminate adalah perencanaan ketebalan lamina dan jumlah lamina Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) dimana ketebalan lamina ini dapat kita analisa dari ketebalan masing masing material pembentuknya. Dengan mengetahui berat jenis dan komposisi dari material pembentuknya maka

ketebalan laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) dapat dihitung dengan menggunakan analisa dibawah ini :

$$T_c = T_f + T_m$$

$$T_f = N * (W / m^2)_f * TC_f$$

$$T_m = R / G * N * (W / m^2)_f * TC_m$$

dimana :

T_c	:	Ketebalan lamina
T_f	:	Ketebalan serat penguat (fibreglass reinforcement)
T_m	:	Ketebalan matriks / resin
N	:	Jumlah layer
$(W / m^2)_f$:	Berat serat per luasan
TC	:	Konstanta ketebalan ($1 / \rho$)
R / G	:	Perbandingan berat resin dengan berat serat
ρ_f	:	Densitas serat penguat (fibreglass reinforcement)
ρ_m	:	Densitas resin

Dari rumus analitis perhitungan ketebalan lamina maka kita bisa menentukan prediksi ketebalan lamina yang akan kita buat sesuai dengan komposisi serat penguat dan komposisi resin yang digunakan.

V.1.2. Analisa teoritis komposisi material lamina kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich.

Umumnya perhitungan komposisi material laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich didasarkan atas perhitungan fraksi volume. Tetapi pada kalangan industri dan kalangan seringkali perhitungan didasarkan pada fraksi berat. Untuk itu perlu adanya konversi antara fraksi volume dan fraksi berat dengan menggunakan analisa berikut :

$$\text{Fraksi volume adalah} \quad : \quad V_f = \frac{M_f * p_f}{(M_f * p_f) + (M_m + p_m)}$$

$$\text{Fraksi volume adalah} \quad : \quad M_f = \frac{V_f * p_f}{(V_f * p_f) + (V_m + p_m)}$$

dimana :

$$M_f = \frac{\text{massa.serat}}{\text{massa.total}} \quad ; \quad M_m = \frac{\text{massa.matriks./resin}}{\text{massa.total}}$$

$$V_f = \frac{\text{volume,serat}}{\text{volume.total}} \quad ; \quad V_m = \frac{\text{volume.matriks./resin}}{\text{volume.total}}$$

untuk mengetahui densitas komposit digunakan analisa :

$$\rho = \rho_f * V_f + \rho_m * V_m$$

V.1.3. Analisa teoritis kekuatan tarik lamina kulit

Kekuatan tarik dari lamina kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich sangat ditentukan oleh komposisi serat penguatnya. Untuk menentukan kekuatan tarik dari lamina Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) yaitu bahwa resultan total gaya yang bekerja pada lamina adalah merupakan penjumlahan gaya yang bekerja pada resin dan fiber. Maka didapat hubungan kekuatan tarik lamina Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) sebagai berikut :

$$\sigma_c = \sigma_f * V_f + \sigma_m * V_m$$

Dengan mengasumsikan bahwa matriks (resin) adalah isotropik sedangkan serat penguat (fibreglass reinforcement) adalah orthotropik dan lamina Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) adalah mengikuti hukum Hooke's (one dimensional Hooke's Law) maka didapat persamaan :

$$\sigma_f = E_f * \epsilon_f \quad \text{dan} \quad \sigma_m = E_m * \epsilon_m$$

sehingga diperoleh persamaan berikut :

$$\sigma_c = E_f * V_f * \epsilon_f + E_m * V_m * \epsilon_m$$

dimana :

E_f : Modulus elastisitas fibreglass

- ε_f : Elongation (strain) fibreglass
- V_f : Fraksi volume fibreglass
- E_m : Modulus elastisitas matriks (resin)
- ε_m : Elongation (strain) matriks (resin)
- V_m : Fraksi volume matriks (resin)

Dari persamaan (1) diatas maka kita dapat merencanakan kekuatan tarik laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP) Sandwich yang dibutuhkan dalam hal ini untuk kulit lambung kapal cepat yang ditinjau.

Adapun komposisi serat chopped strand mat yang bisa dipakai untuk lambung kapal cepat menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chapter 4 Section 3 B.100 adalah : chopped strand mat (matto) 450 g / m^2 dan chopped strand mat (matto) 300 g / m^2 . Dengan mempertimbangkan komposisi serat penguat yang akan dipakai dalam hal ini termasuk serat penguat kontinyu (continuos fibreglass reinforcement) maka dapat mulai kita lakukan penentuan komposisi serat penguat dan perhitungan kekuatan tarik laminate kulit Fibreglass Reinforced Plastic (FRP).

V.2. Prosedur Pengujian Foam Core Sandwich.

Pengujian kami lakukan di laboratorium Kekuatan dan Konstruksi

FTK - ITS dengan data mesin uji sebagai berikut :

Nama alat : Universal Testing Machine

Merk / th : MFL / UPD. 20 - 1979

No. seri : 8877

Mata anggaran : GTZ. Germany

Kapasitas max : 200 kN

Pada pengujian Foam Core sandwich ini standart yang digunakan mengacu pada *American Society for Testing and Materials* (ASTM) dan tebal specimen disesuaikan dengan kebutuhan pada kapal cepat FRP yang ditinjau. Foam Core yang dipakai untuk pengujian adalah *Divinycell type H100GS dengan tebal 25mm*

Adapun konstruksi yang ditinjau adalah pada Hull Bottom yang mana pembebanan yang terjadi salah satu yang terbesar seperti pada perhitungan pembebanan Bab.IV.1.

Untuk pengujian Foam Core yang dipakai pada kapal cepat menurut klasifikasi Det Norske Veritas (DNV) Part 3, Chepter 4, Section 3, C.200 adalah,

1. C 393-62, Standart Test Method for Flexural Properties of Flat Sandwich Construction , ASTM, Philadelophia, PA 1994.
2. C 273-61, Standart Test Method for Shear Properties in Flatwise Plane of Flat Sandwich Construction or Sandwich Cores, ASTM, Philadelophia, PA 1994.

V.2.1 Metode Test Standart untuk Tingkat Kelenturan Konstruksi Sandwich . (ASTM C 393-62)

Proses Pembuatan Specimen

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan specimen sama seperti pada proses produksi pada Bab III.3, akan tetapi disesuaikan dengan kebutuhan yaitu,

- Cetakan yang digunakan disini menggunakan melamine agar terbentuk permukaan yang datar.
- Dimensi dari specimen relatif lebih kecil dari ukuran kapal.
- Urutan laminasi disesuaikan dengan laminasi konstruksi yang akan ditinjau (pada Hull Bottom).

Kegunaan

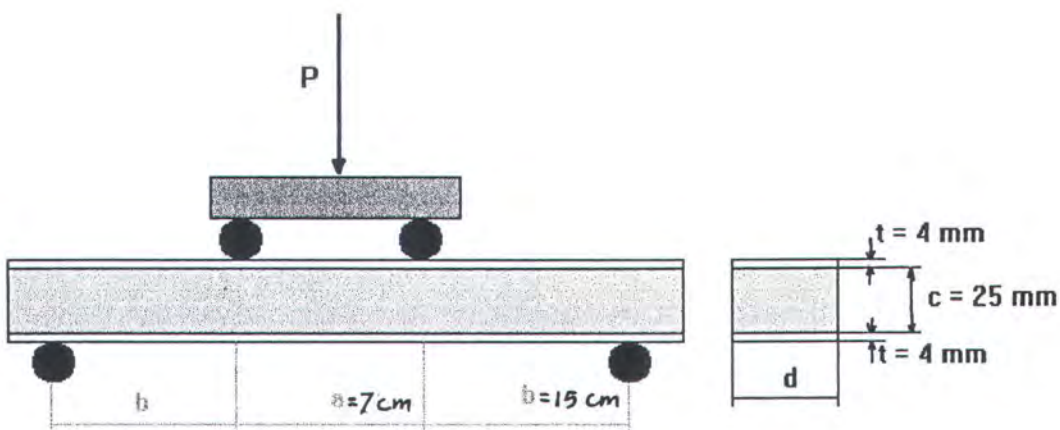
Flexure test pada konstruksi sandwich dilakukan untuk menentukan kelenturan dan tingkat kekakuan konstruksi shear dari Foam Core.

Test ini bisa untuk menguji core shear strength dan menguji Foam Core dari dua permukaan (kulit), bisa juga untuk mengindikasikan jika terjadi kesalahan dalam proses laminasi.

- Core Shear Strength paling tepat ditentukan sesuai dengan metode test ASTM C 273.

Specimen Test

Specimen berbentuk empat persegi panjang, lebar tidak kurang dari dua kali total ketebalan. (Seperti gambar dibawah ini)



Gambar 5.1

Pelaksanaan Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan pengujian specimen adalah,

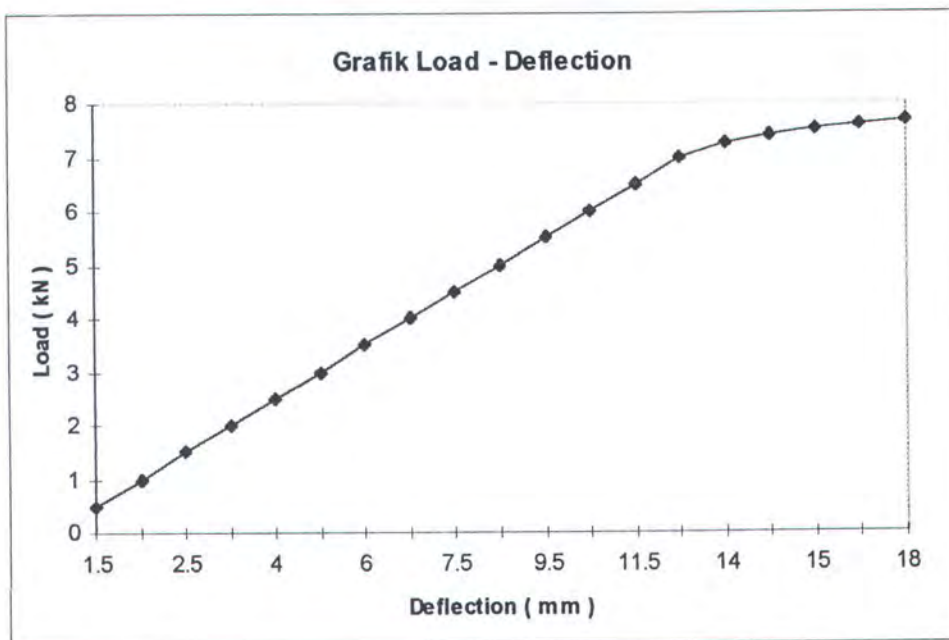
1. Mesin uji bending dikalibrasi terlebih dahulu dan skala pembebanan ditentukan sebelum pengujian dilakukan.

2. Pasang ujung pembebanan mesin uji pada plat penyangga steel bars.
3. Jarum penunjuk pada pencatat skala pembebanan dan pencatat defleksi diset pada posisi nol.
4. Pembebanan pada mesin uji bending dihidupkan.
5. Beban pada tiap-tiap defleksi dicatat.
6. Beban maksimum yang terjadi pada saat specimen patah dicatat.

Hasil Uji Bending

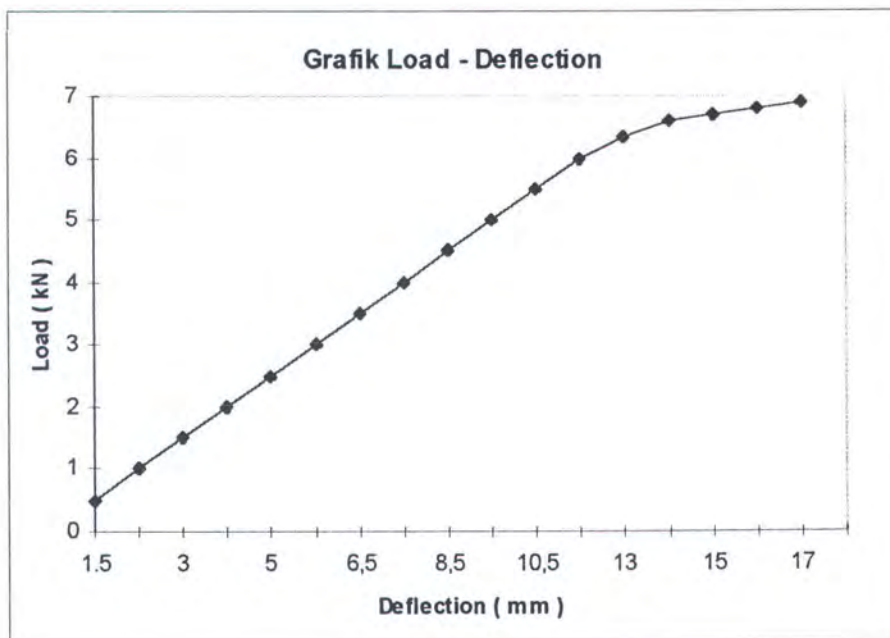
Dari pencatatan yang dihasilkan mesin uji bending maka didapatkan;

Hasil Percobaan Pertama



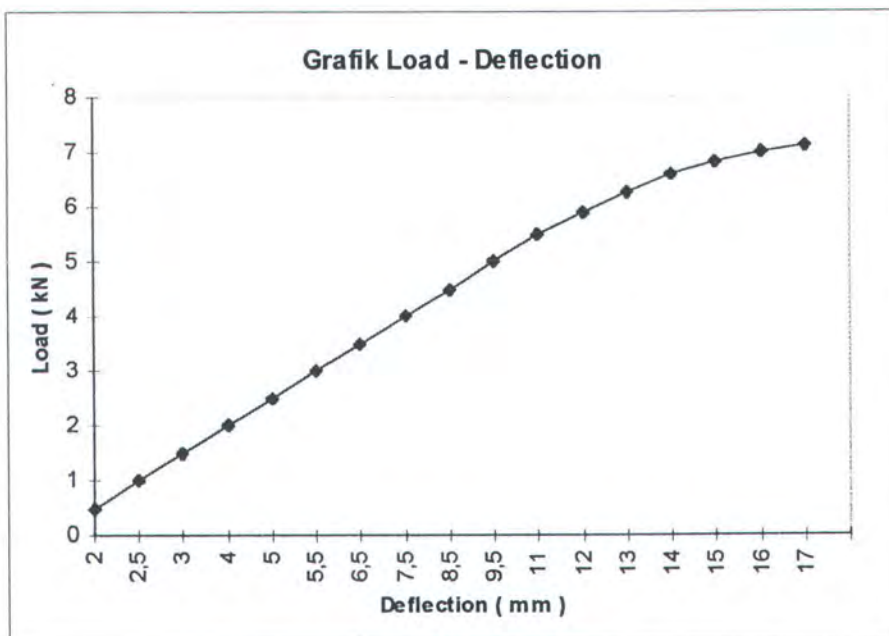
Gambar 5.2

Hasil Percobaan Kedua



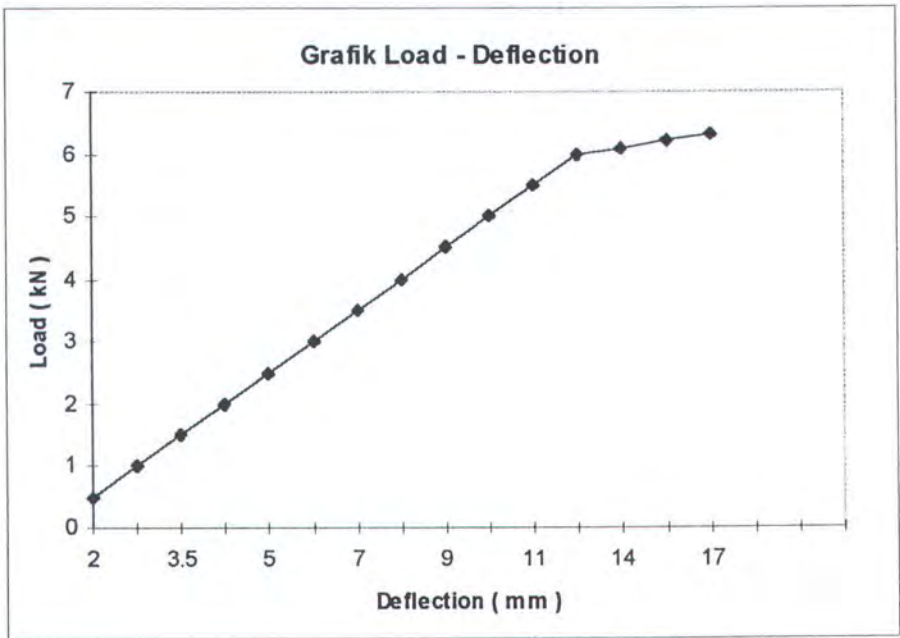
Gambar 5.3

Hasil Percobaan Ketiga



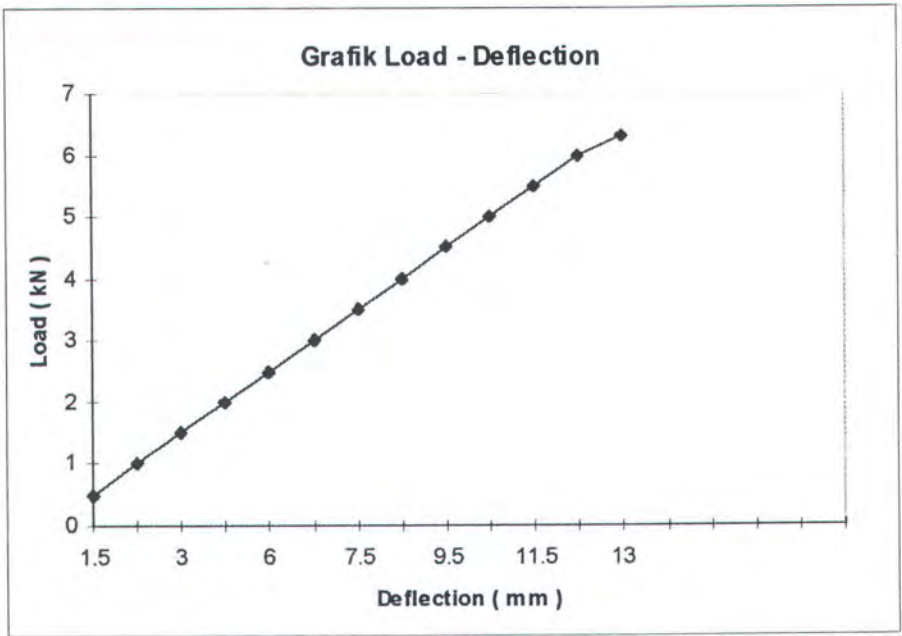
Gambar 5.4

Hasil Percobaan Keempat.



Gambar 5.5

Hasil Percobaan Kelima



Gambar 5.6

V.2.2. Metode Test Standard untuk Shear Property Flatwise Plane Konstruksi Flat Sandwich atau Sandwich Core. (ASTM C 273-61)

Proses Pembuatan Specimen

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan specimen yaitu,

- Pengerjaan alat bantu seperti stell plate dll.
- Setelah alat bantu telah siap maka selanjutnya proses laminasi.
- Katalis dicampurkan pada resin sebesar kurang lebih 1% dari berat resin dan kemudian diaduk hingga rata.
- Stell plate diolesi dengan resin hingga rata kemudian serat gelas yang sudah disiapkan diletakkan diatasnya. Sebaran serat gelas diusahakan merata mungkin.
- Foam Core yang telah diolesi resin ditempelkan pada stell plate tadi.
- Disiapkan stell plate lagi yang telah diberi resin dan serat gelas yang kemudian ditempelkan pada sisi yang berlawanan dengan stell plate yang pertama tadi.
- Specimen tersebut diatas dikeringkan ditempat yang sejuk pada temperatur kamar.

Kegunaan

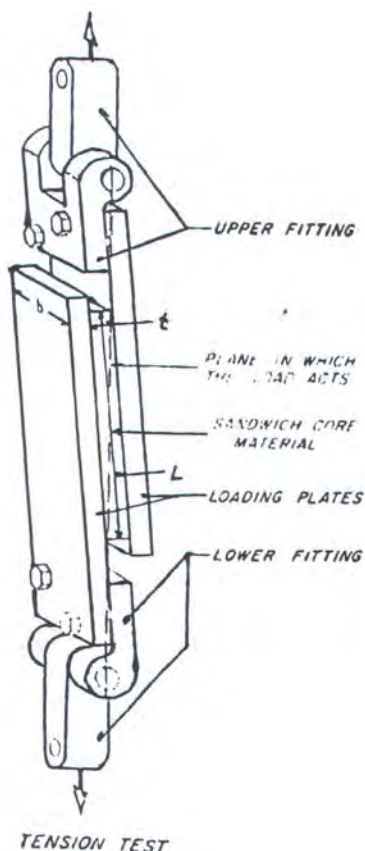
Metode tes ini berisi informasi mengenai core yang di load kan kedalam shear yang paralel terhadap plane facingnya. Sehingga bisa diketahui Core Shear Strength dari specimen Foam Core tersebut.

Specimen Test

Berdasarkan standart pengujian pada ASTM C 273-61 dimensi untuk specimen pengujian adalah sebagai berikut,

- Specimen test memiliki suatu ketebalan yang sebanding dengan ketebalan sandwich yaitu = 25 mm.
- Lebar tidak kurang dari 2x tebal = 50 mm.
- Panjang yang tidak kurang dari 12x tebal = 300 mm.

Specimen test harus secara baik ditunjang melalui pengikat stell plate yang terikat dengan facingnya seperti pada gambar dibawah ini,



Gambar 5.7

Ketebalan plat dapat bervariasi tergantung kekuatan sandwich nya, tetapi plate dimension harus dibuat sedemikian rupa sehingga garis kerja tensile forcenya harus melewati sudut yang bertolakan diagonal sandwich nya sebagaimana pada gambar diatas.

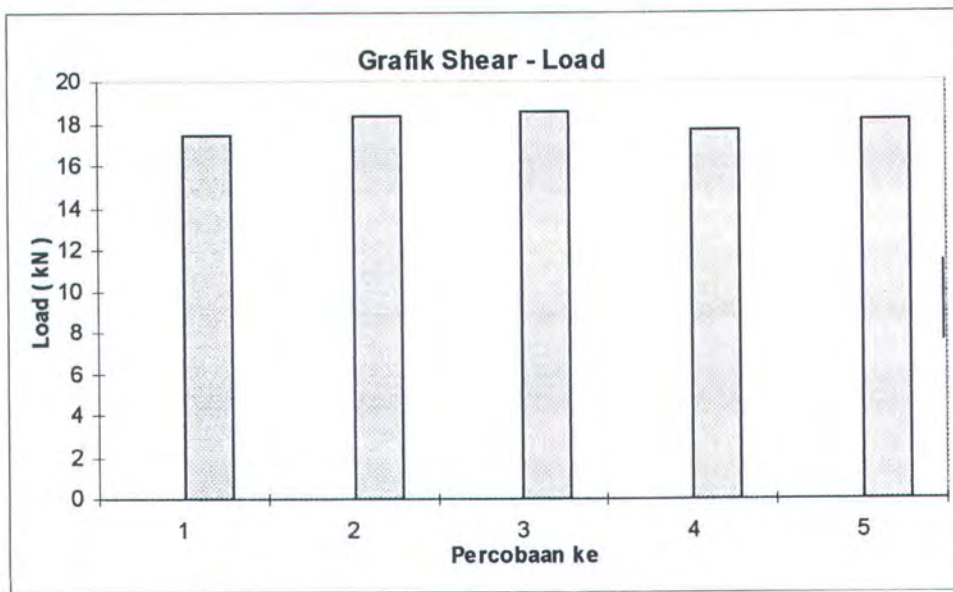
Pelaksanaan Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pelaksanaan pengujian adalah,

1. Mesin uji tarik dikalibrasi terlebih dahulu dan skala pembebanan ditentukan sebelum pengujian dilakukan.
2. Pegangan specimen diletakkan pada pencekam yang ada dimesin uji tarik kemudian dicekam.
3. Jarum penunjuk pada pencatat skala pembebanan diset pada posisi nol.
4. Pembebanan pada mesin uji tarik dihidupkan.
5. Beban maksimum yang terjadi pada saat specimen patah dicatat.

Hasil Uji Tarik (Shear)

Dari pencatatan yang dihasilkan mesin uji tarik maka didapatkan;



Gambar 5.8

V.3. Analisa hasil percobaan

Dari hasil pengujian diatas dapat ditentukan tegangan normal maximum pada kulit dan kekuatan shear maximum.

Perhitungan,

- Untuk tegangan normal maximum pada kulit

Didapatkan tegangan normal maximum pada kulit melaui rumus dimana P sebanding dengan load maximum yang didapat dari hasil pengujian yaitu:

Pengujian ke	1	hasil	7,75
	2		6,9
	3		7,1
	4		6,3
	5		6,2
<hr/>			
	$\Sigma =$		34,25

Didapat P rata-rata = 6,8 kN = 6800 N.

$$\sigma_{nu} = \frac{P * b}{c * d * t}$$

dimana : (lihat gambar 5.1)

P = Load max. rata-rata

b = 150 mm

c = Tebal kulit

d = Lebar sandwich

t = Tebal kulit

$$\sigma_{nu} = \frac{6800 * 150}{25 * 4 * 4}$$

$$= 145,71 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan pada Bab IV.2 didapat,

Untuk sisi terpendek (σ_n) = 7,0543 N/mm²

Untuk sisi terpanjang (σ_n) = 3,204 N/mm²

diambil yang terbesar maka,

$$\sigma_n / \sigma_{nu} = \frac{7,0543}{145,71} = 0,06 < 0,3 \text{ (DNV, Pt.3, Ch.4, Sec.5 B500)}$$

Memenuhi persyaratan .

- Untuk kekuatan Core Shear.

Didapatkan kekuatan shear melalui rumus dimana P sebanding dengan load maximum yang didapat dari hasil pengujian yaitu,

Pengujian ke 1	hasil	17,5
2		18,3
3		18,5
4		17,7
5		18,1

		$\Sigma = 90,1$

Didapatkan P rata-rata = 18,02 kN

$$f_s = \frac{P}{Lb}$$

Dimana:

f_s = Shear stress

P = Load maximum rata-rata specimen

L = Panjang specimen

b = Lebar specimen

$$\begin{aligned} f_s &= \frac{18020}{300 * 50} \\ &= 1,201 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pada Bab IV.2. didapat:

Untuk sisi terpendek (τ_c) = 0,170 N/mm²

Untuk sisi terpanjang (τ_c) = 0,207 N/mm²

Diambil yang terbesar,

$$\tau_c / f_s = \frac{0,207}{1,201} = 0,17 < 0,35 \text{ (DNV, Pt.3, Ch.4, Sec.5 B500)}$$

Memenuhi persyaratan.



BAB VI

BAB VI

KESIMPULAN

Dengan metode konstruksi sandwich ini, merupakan suatu alternative pada pembangunan kapal yang mana bisa didapatkan tingkat kekakuan yang tinggi dan konstruksi tersebut dapat lebih ringan dari konstruksi single skin. Secara umum produksi kapal dengan konstruksi sandwich memerlukan waktu pembangunan yang relatif lebih pendek, hal tersebut bisa terjadi disebabkan:

- Jumlah laminasi pada kapal single skin lebih banyak sehingga memerlukan jam orang yang lebih besar.
- Karena laminasinya lebih banyak maka berat kapal dengan konstruksi single skin secara keseluruhan juga lebih berat.

Dari pembahasan tersebut beberapa kesimpulan yang dapat diambil :

1. Pada pembangunan kapal hal yang perlu diperhatikan adalah proses produksi pada,
 - Proses melaminasi harus sesuai dengan urutan laminasi.
 - Pencampuran resin dengan katalis harus diperhatikan prosentase perbandingan dan suhu pada waktu mengerjakan.
 - Sewaktu melaminasi Foam Core perlu diperhatikan adanya pengisian larutan pengisi jangan sampai ada udara yang terperangkap.

2. Dari analisa sederhana secara teknis, pembangunan kapal dengan konstruksi sandwich ini sangat mungkin diterapkan di galangan dengan peralatan yang sederhana.
3. Hasil pengujian kekuatan Core Shear yang diuji memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh Det Norske Veritas (DNV). Dan masih dimungkinkan penggunaan Foam Core yang lebih rendah kerapatannya, hal ini perlu penelitian lebih lanjut. DNV mensyaratkan untuk kekuatan Core Shear pada hull bottom adalah $0,8 \text{ N/mm}^2$. Sedangkan hasil perhitungan pada hull bottom kapal yang ditinjau adalah perbandingan tegangan yang terjadi pada hasil perhitungan (τ_c) menurut DNV dengan hasil pengujian (f_s) lebih kecil dari 0,35 atau $\tau_c / f_s < 0,35$.
4. Tingkat kekakuan Foam Core yang diuji menunjukkan tingkat kekakuan yang tinggi sehingga memenuhi persyaratan untuk konstruksi yang memerlukan kekakuan serta konstruksi yang ringan.

Dari permasalahan yang dibahas dalam tulisan ini, hanya mengkhususkan pada aplikasi Foam Core dari segi kekuatannya. Untuk kebutuhan jam orang dan perbandingan berat konstruksi secara detail tidak dihitung prosesnya. Akan lebih baik bilamana ada yang membahas masalah ini pada objek tulisan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Downs, R -Honey, "Preliminary Evaluation of Alternative Specification for 12m Police Patrol Craft" High Modulus, November 1993.
2. American Bureau Of Shipping, " Fibre-Reinforced Plastic (FRP) " High Speed Craft, October 1990.
3. Det Norske Veritas, Norway
 - Part 2 Chapter 1, " General Regulations ", High Speed And Light Craft, January 1993.
 - Part 3 Chapter 1, " Design Principles, Design Loads ", High Speed And Light Craft, January 1993.
 - Part 2 Chapter 4, " Fibre Composite and Sandwich Materials ", High Speed And Light Craft, January 1991.
 - Part 3 Chapter 4, "Hull Structural Design, Fibre Composite And Sandwich Constuctions ", High Speed And Light Craft, January 1991.
4. Bergan, P.G. , Buene Leif. , Echtermeyer, A.T. and Hayman Brian, " Assement of FRP Sandwich Structures for Marine Aplications", Det Norske Veritas, Hovik, Norway, Marine Stuctures 7 (1994) page 457 - 473.
5. Justus Sakti Raya Corporation, P.T. , " Pengenalan Fiber Glass Reinforced Plastics (FRP) " , Technical Information, Jakarta - Indonesia.

6. Slater, J.E. " Selection of Blast-Resistant GRP Composite Panel Design for Naval Ship Structures ", Canada TIA, Marine Structures 7 (1994) page 417 - 440 .
7. Chalmers, D.W , " The Potensial for the Use of Composite Materials in Marine Structures", Dorset UK, Marine Structure 7 (1994) page 441 - 456.
8. Wiley, Jack , " The Fiberglass Repair and Construction Handbook ", United States of America (1982).
9. Jatmiko,E.B. " Kapal Planing" diktat kuliah.
- 10.Widjanarko, W. , " Analisa Pengaruh Sudut Orientasi Serat Penguat terhadap Sifat Mekanik Komposit dengan Material Pembentuk Serat Gelas dan Resin Poliester ", Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin ITS 1995 hal 13 - 16.
- 11.DICAB Engineering, "The Composite Technologists" (1991) page 3.13 - 6.13.
- 12.C 393-62, Standart Test Method for Flexural Properties of Flat Sandwich Construction, ASTM. Philodelophia, PA (1994).
- 13.C 273-61, Standart Test Method for Shear Properties in Flatwise Plane of Flat Sandwich Cores, ASTM. Philodelophia, PA (1994).



LAMPIRAN

SUSUNAN LAMINASI KAPAL KPLP 12 M											
BOTTOM	SIDE SHELL	KEEL	TRANSOM	DECK	SUPER STRUCTURE	BULKHEAD	FLOOR	LONG GIRDER	HULL FRAMES	SP STRUCT FRAMES	DECK GIRDER FRAMES
Gelcoat	Gelcoat	Gelcoat	Gelcoat	Gelcoat	Gelcoat	Mat 300	Gelcoat	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300
Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Triaxial	Mat 300	WR 800	WR 800	WR 800	WR 800
Mat 300	Triaxial	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300	D.80/12	WR 800	Mat 450	Mat 450	Mat 450	Mat 450
Triaxial	Mat 300	Mat 300	Triaxial	WR 600	WR 800	Mat 300	Mat 300	Triaxial	WR 800	WR 800	WR 800
Mat 300	D.80/12	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Triaxial	D.80/12	Mat 450	Mat 450	Mat 450	Mat 450
D.100/25	Mat 300	Triaxial	D.80/12	D.80/12	D.80/12	Mat 300	Mat 300	WR 800	WR 800	WR 800	WR 800
Mat 300	Triaxial	Mat 300	Mat 300	Mat 300	Mat 300	WR 800	WR 800	Mat 450			
Triaxial	Mat 300	Mat 300	Triaxial	WR 800	WR 800	Mat 300	Mat 300	WR 800			
Mat 300		Triaxial	Mat 300		Mat 300	WR 800		Mat 450			
		Mat 300						Triaxial			
		WR 800						Mat 450			
		Mat 300									

Tabel 4.1.

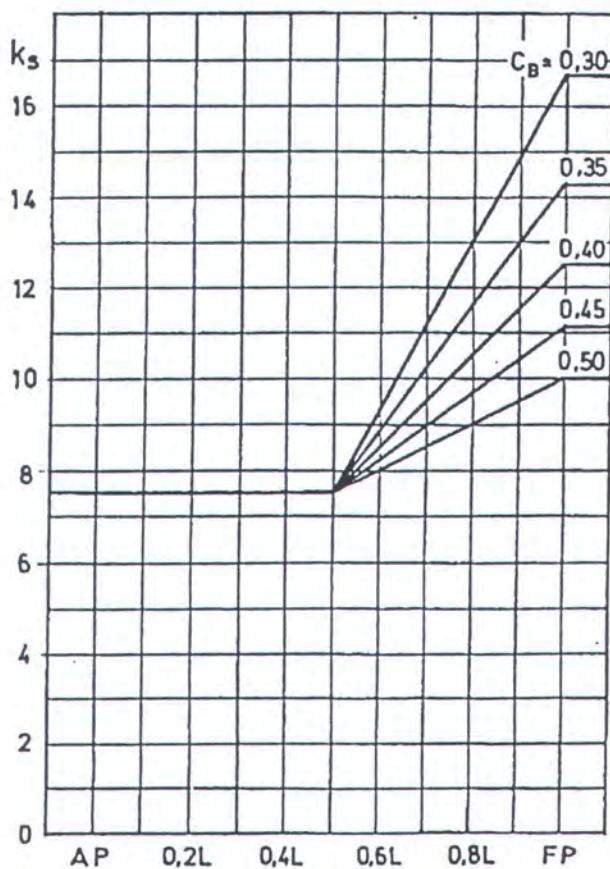
SUSUNAN LAMINASI
KAPAL PATROLI 12 M

Table B1 Service restrictions, general.			
Service notations	Seasons		
	Winter	Summer	Tropical
R0	300	No restr.	No restr.
R1	100	300	300
R2	50	100	250
R3	20	50	100
R4	Encl. waters, fjords, lakes	20	50
R5	Harbours, rivers, channels	2	5

Tabel 4.1a

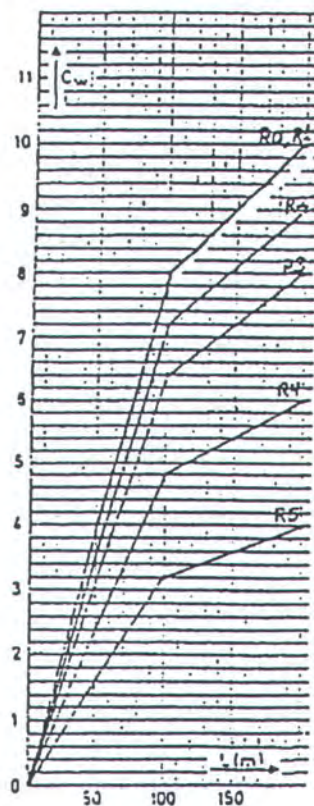
Type and service notation	Service area restriction notation					
	R0	R1	R2	R3	R4	R5
Passenger		1	1	1	1	0,5
Car ferry		1	1	1	1	0,5
Cargo	4	3	2	1	1	0,5
Patrol	7	5	3	1		
Yacht	1	1	1			

Tabel 4.1b



Tabel 4.2
Faktor distribusi k_s

Fig. 7
Sea load distribution factor.

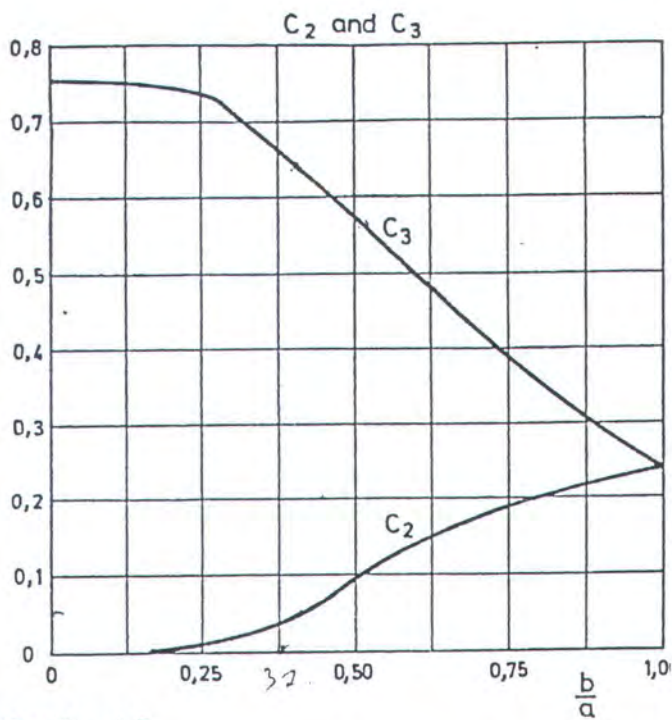


Tabel 4.3
Wave coefficient

Fig. 1
Wave coefficient.

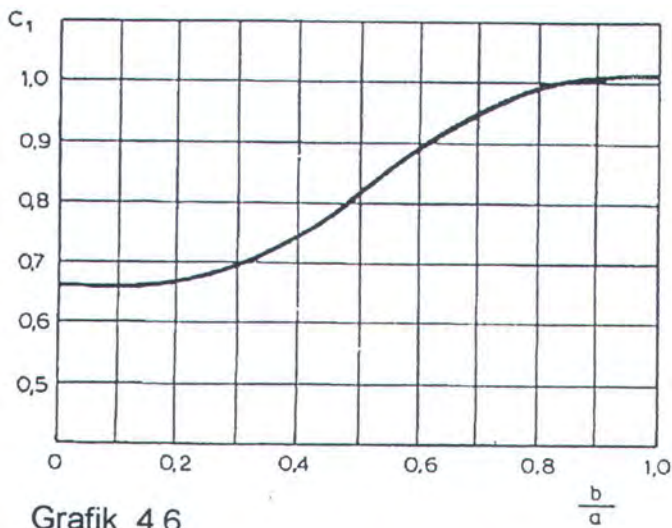
Table A1		
Structural member	Core properties (N/mm ²)	
	Shear strength	Com- pression strength
Hull bottom below deepest WL	0,8	0,9
Hull side and transom above deepest WL	0,8	0,9
Weather deck not intended for cargo	0,5	0,6
Cargo deck	0,8	0,9
Accommodation deck	0,5	0,6
Structural/watertight bulkheads	0,5	0,6
Superstructures and deck-houses	0,5	0,6
Tank bulkheads	0,5	0,6

Tabel 4.4. Core Properties



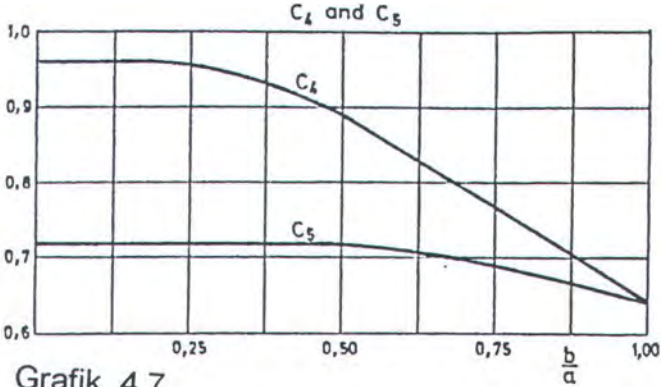
Grafik 4.5.

Fig. 1 Sandwich panels: Factors C_2 and C_3



Grafik 4.6.

Fig. 2 Sandwich panels: Factor C_1

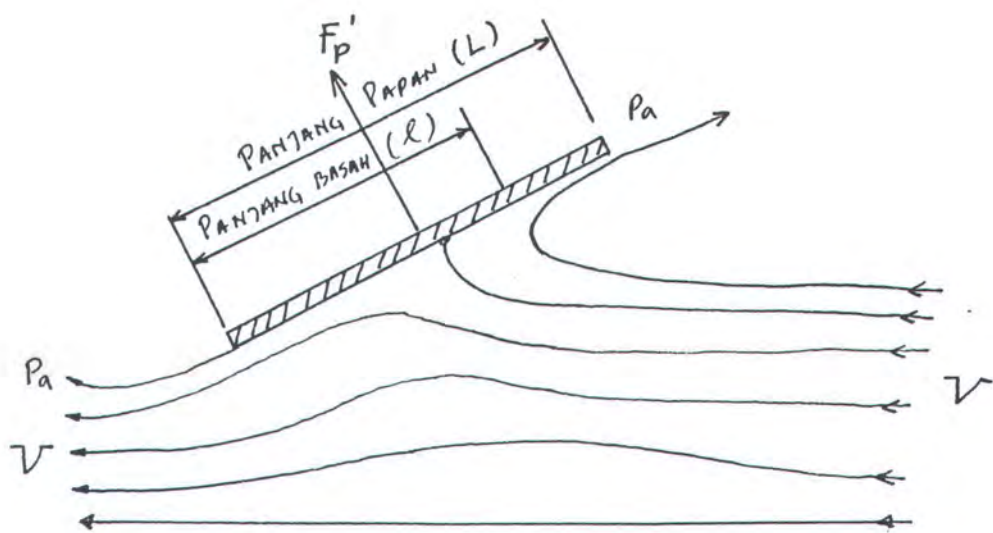


Grafik 4.7.

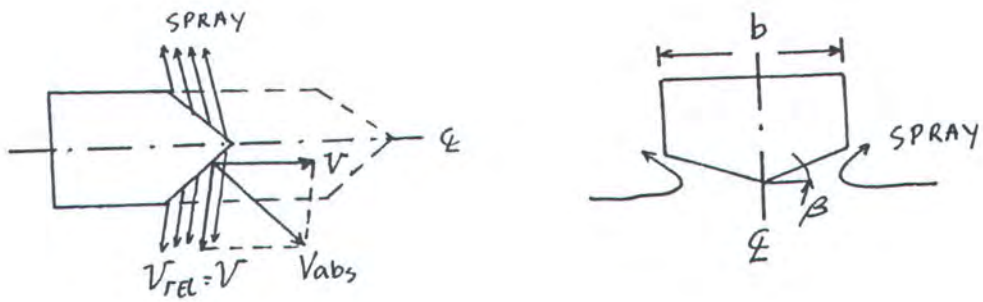
Fig. 3 Sandwich panels: Factors C_4 and C_5

Table A3			
Structural member	σ_n	τ_c	$\frac{w}{b}$
Bottom panels exposed to slamming	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,35 \tau_c^{1)}$	0,01
Remaining bottom and inner bottom	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Side structures	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Deck structures	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Bulkhead structures	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Superstructures	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
Deckhouses	$0,3 \sigma_{nu}$	$0,4 \tau_c$	0,01
All structures exposed to long time static loads	$0,20 \sigma_{nu}$	$0,15 \tau_c$	0,005
1) The allowable stress level for bottom panels exposed to slamming loads refers to core materials with a shear elongation of at least 20%. For core materials with a lower fracture elongation the allowable stress will be considered individually. For materials with a higher fracture elongation than 20% an increase of the allowable stress level may be accepted upon special consideration.			

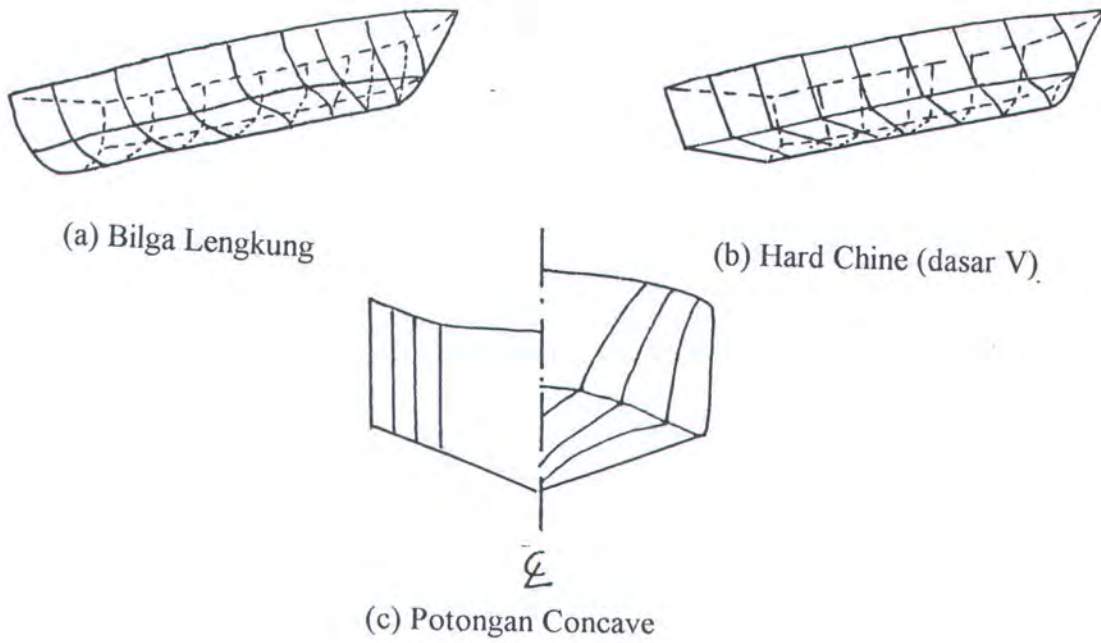
Tabel 4.8. Persyaratan tegangan



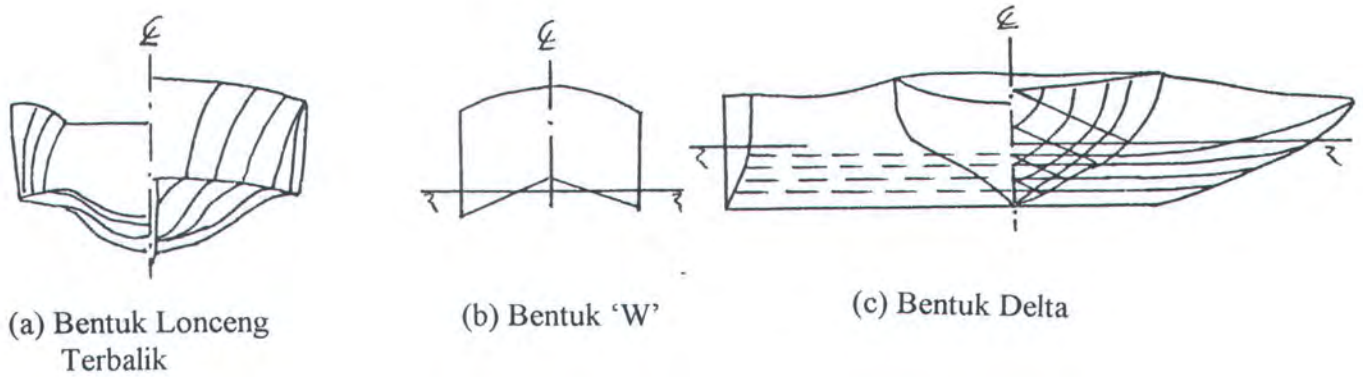
Gambar 2.1 Aliran ideal 2-dimensi melewati papan miring dipermukaan air.
(Lebar papan tidak berhingga)



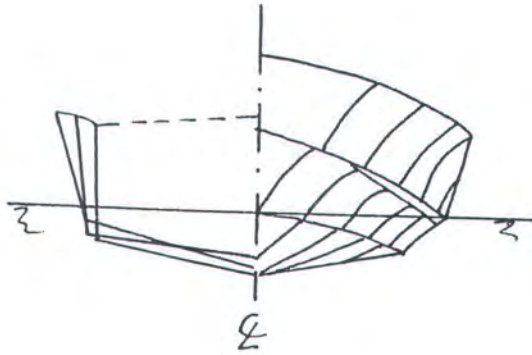
Gambar 2.2 Vektor kecepatan spray pada kapal planing.



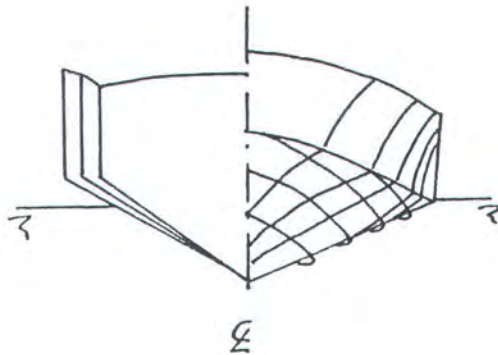
Gambar 2.3 Kapal planing bilga lengkung dan Hard Chine



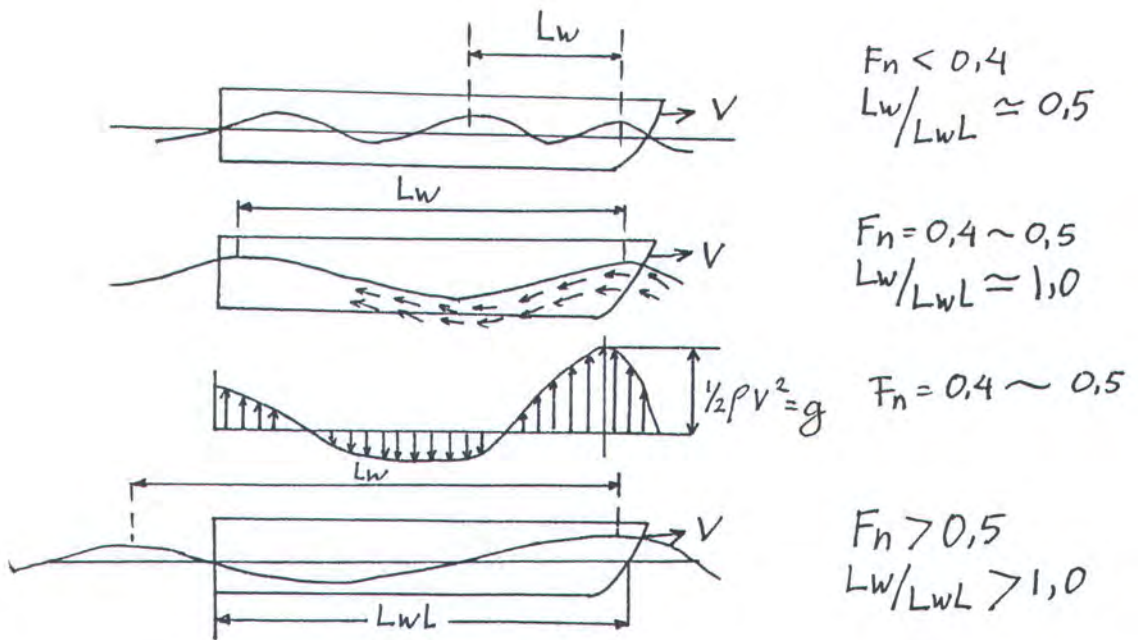
Gambar 2.4 Perkembangan konfigurasi badan kapal planing



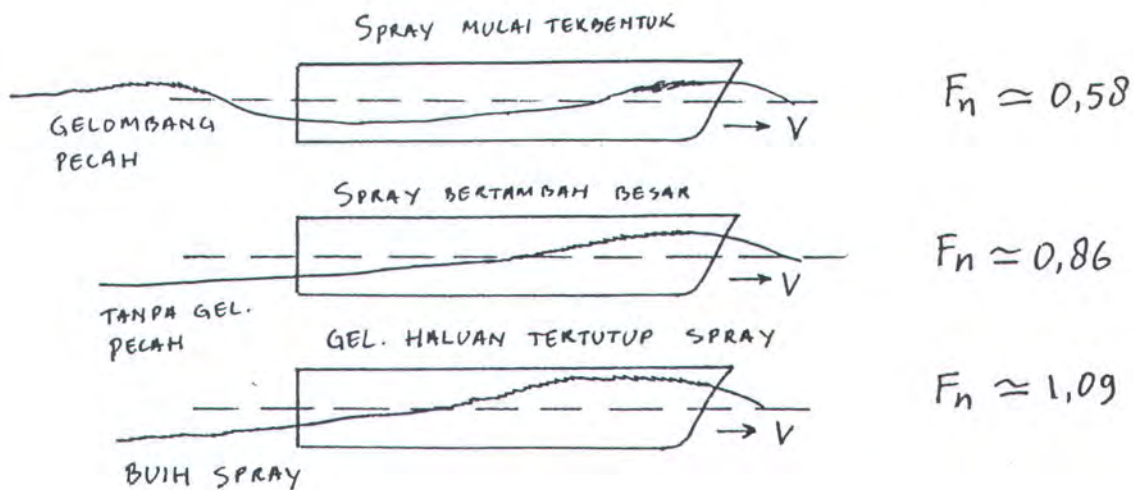
Gambar 2.5 Bentuk umum 'Chine Craft'



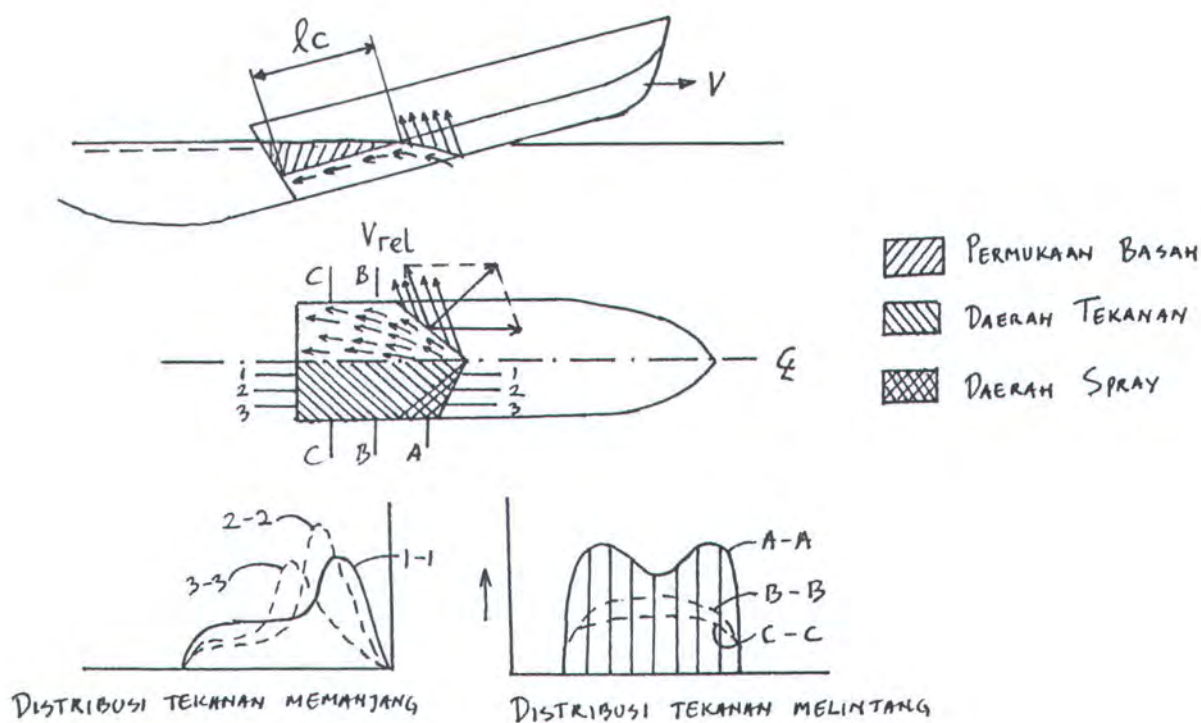
Gambar 2.6 Bentuk 'V' tajam dengan 'Spray strips'



Gambar 2.7 Kapal cepat pada mode displasemen murni

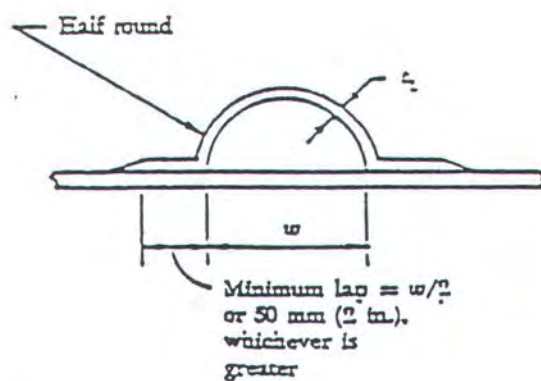
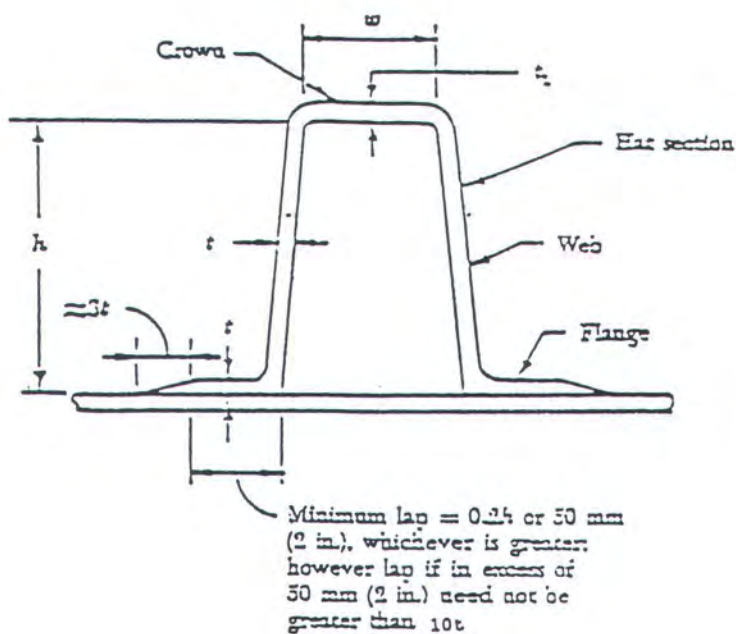


Gambar 2.8 Kapal cepat pada mode Semi planing



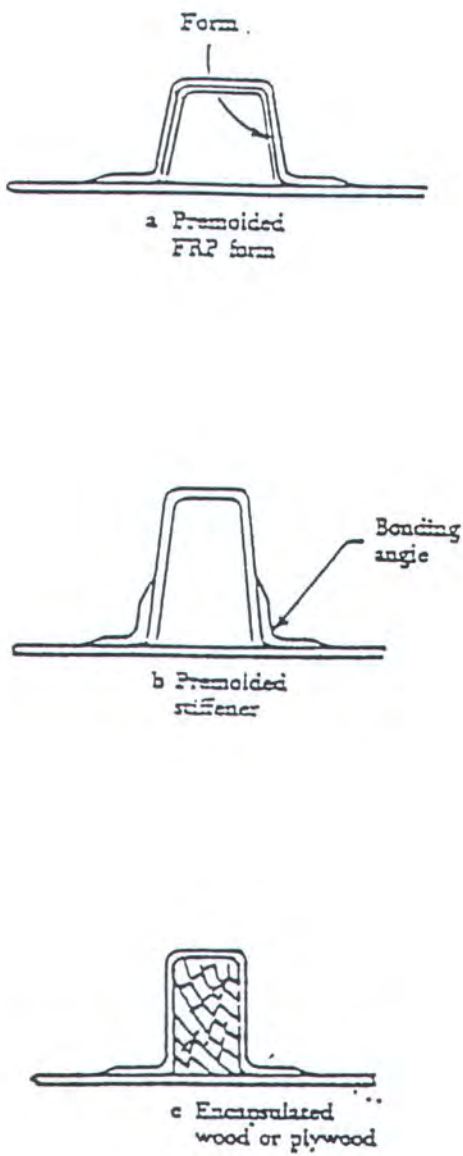
Gambar 2.9 Kapal cepat pada mode planing penuh

FIGURE 7.1
Proportions of Stiffeners



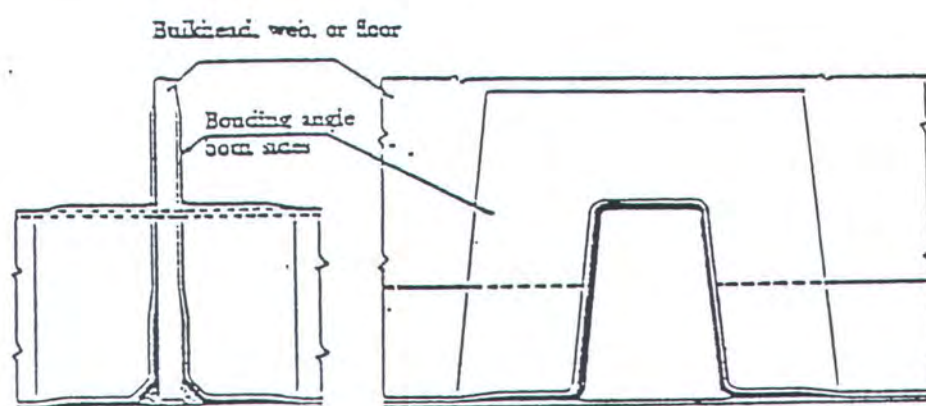
Gambar 3.10

FIGURE 7.2
Stiffener Variations



Gambar 3.11

FIGURE 7.3
Connection of Longitudinals to Transverses



Gambar 3.12

FIGURE 7.4a
Plate Keel in One-Piece Hull

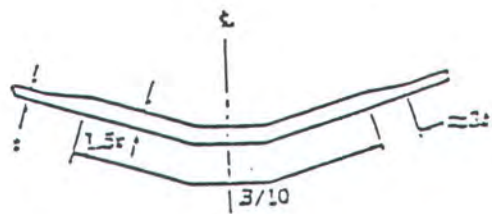
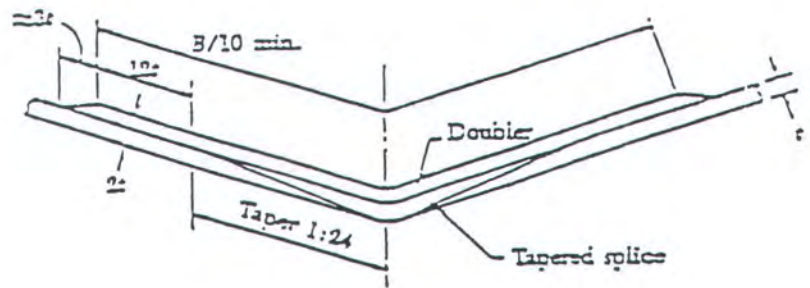
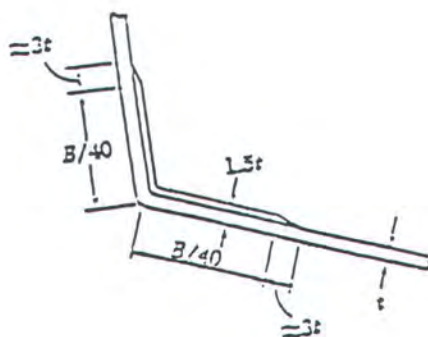


FIGURE : 7.4b
Plate Keel in Hull Molded in Halves



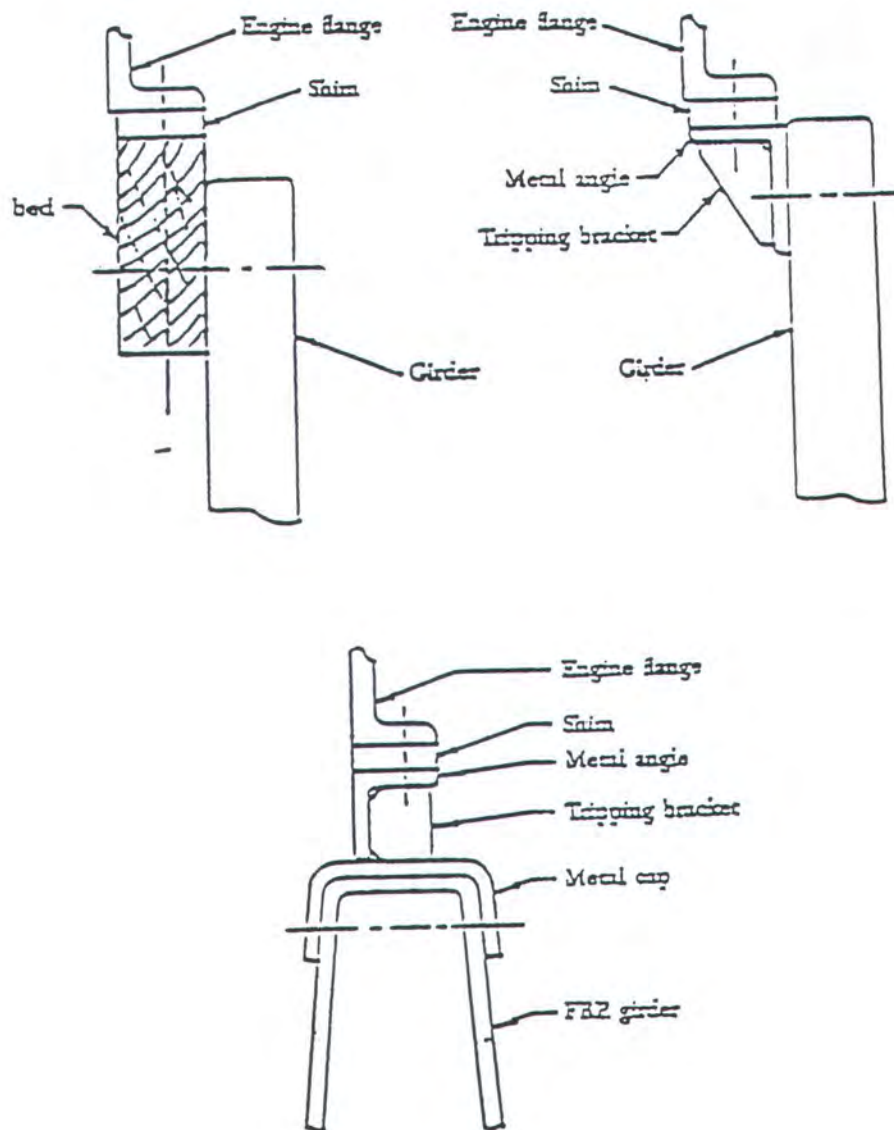
Gambar 3.13

FIGURE 7.6
Chine or Transom



Gambar 3.14

FIGURE 7.7
Engine Foundations



Gambar 3.15

FIGURE 7.8
 Boundary Angles for FRP Components

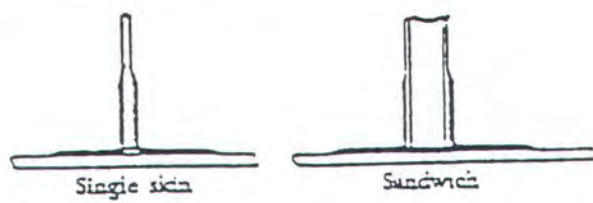
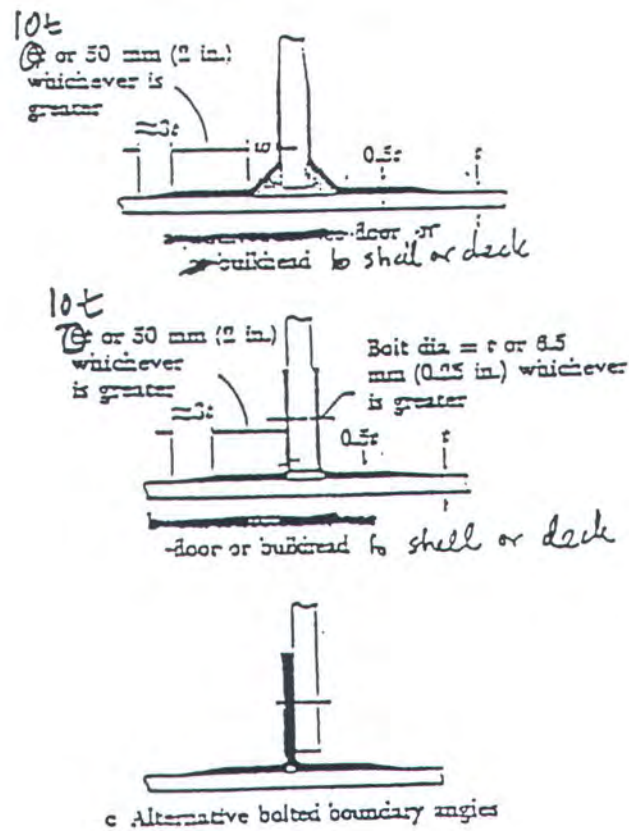
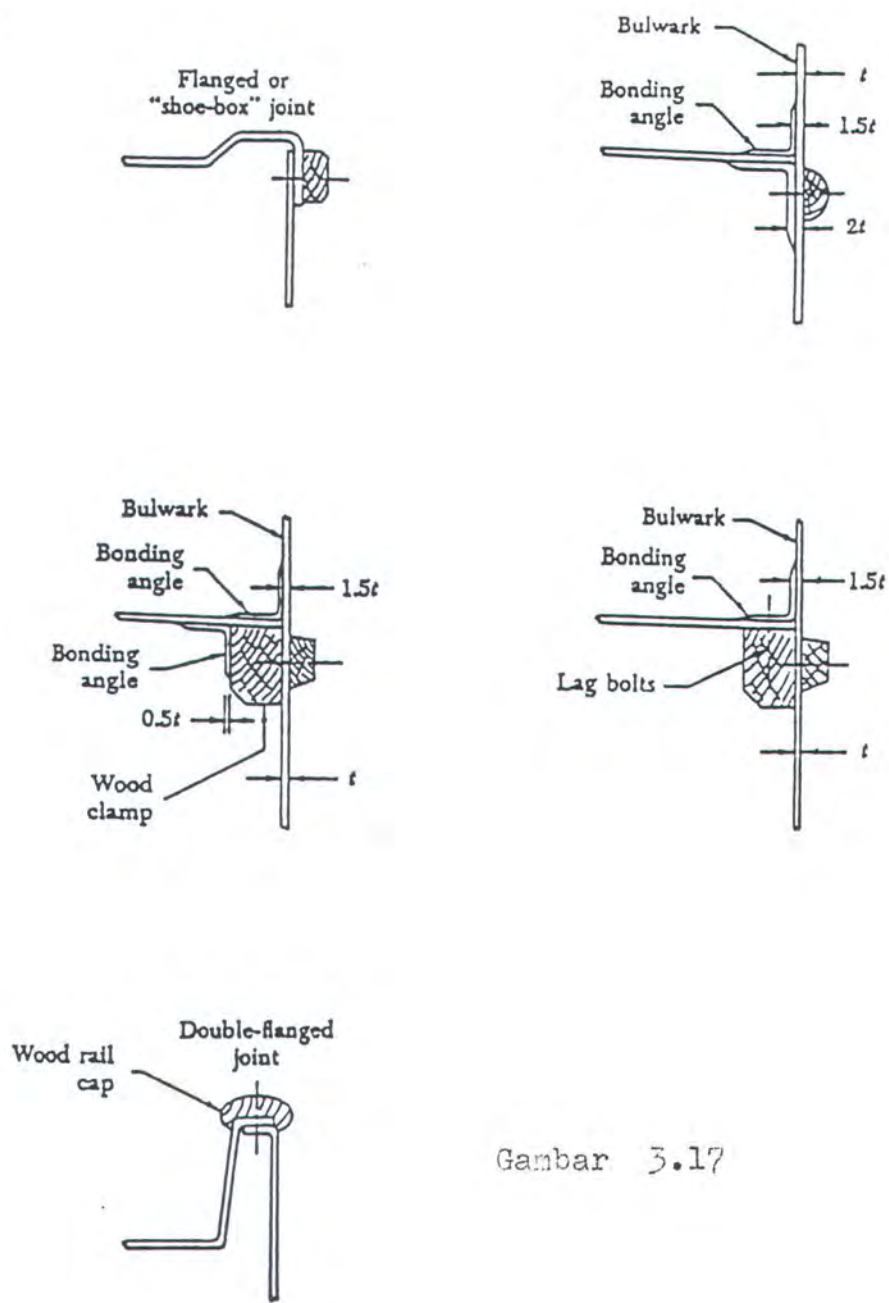


FIGURE 7.9
 Boundary Angles Connecting Plywood or
 Wood to FRP

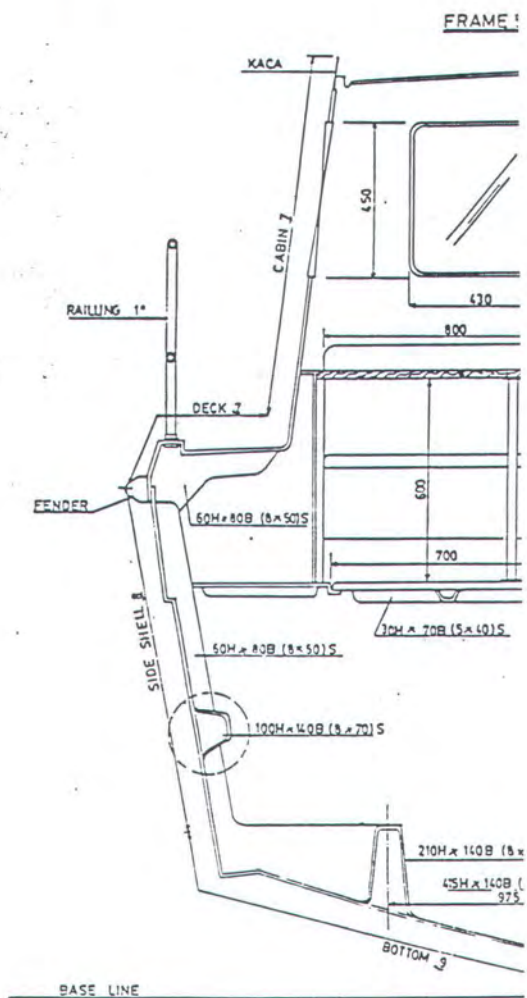


Gambar 3.16

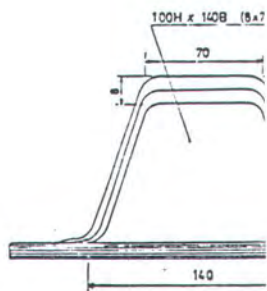
FIGURE 7.10
Deck-to-Hull Weather Joints

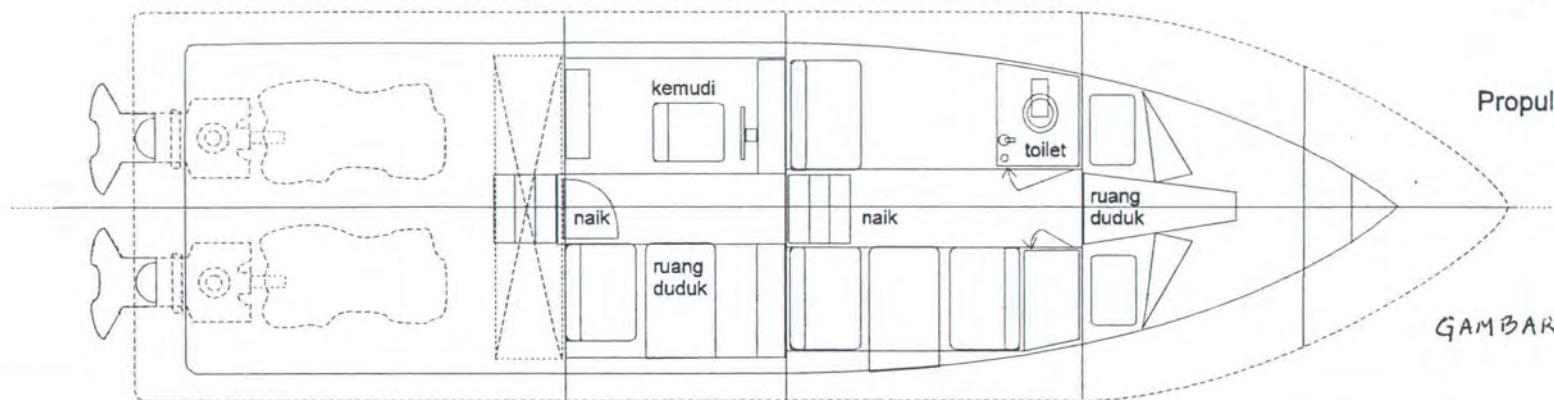
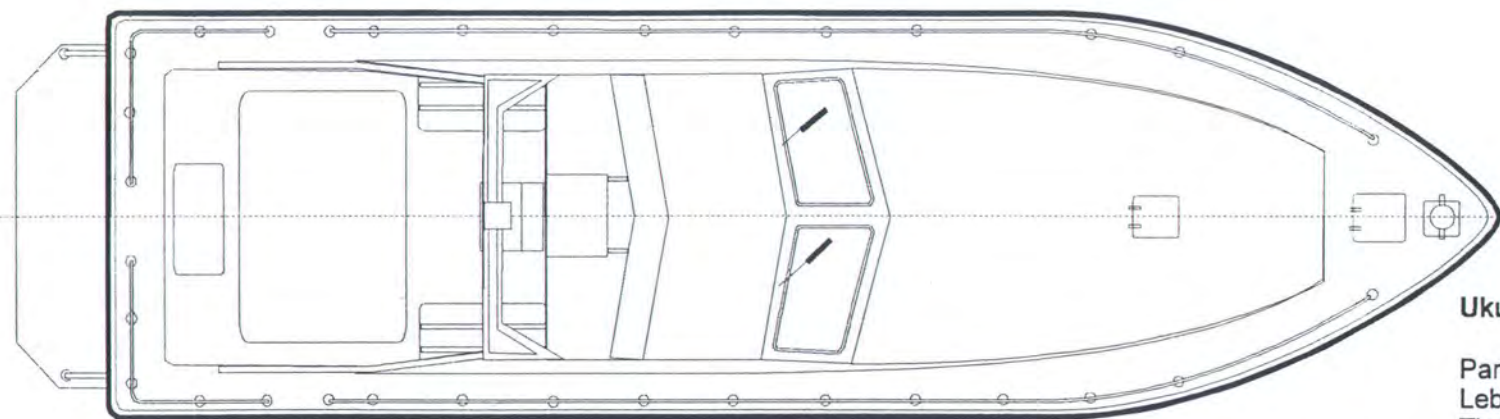
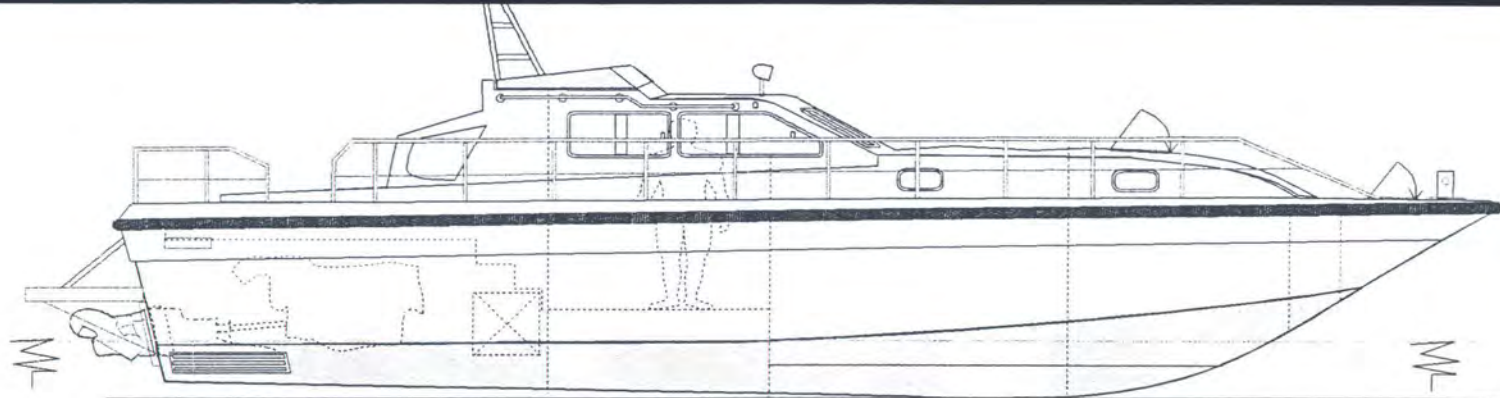


Gambar 3.17



DETAIL 1
1 : 2

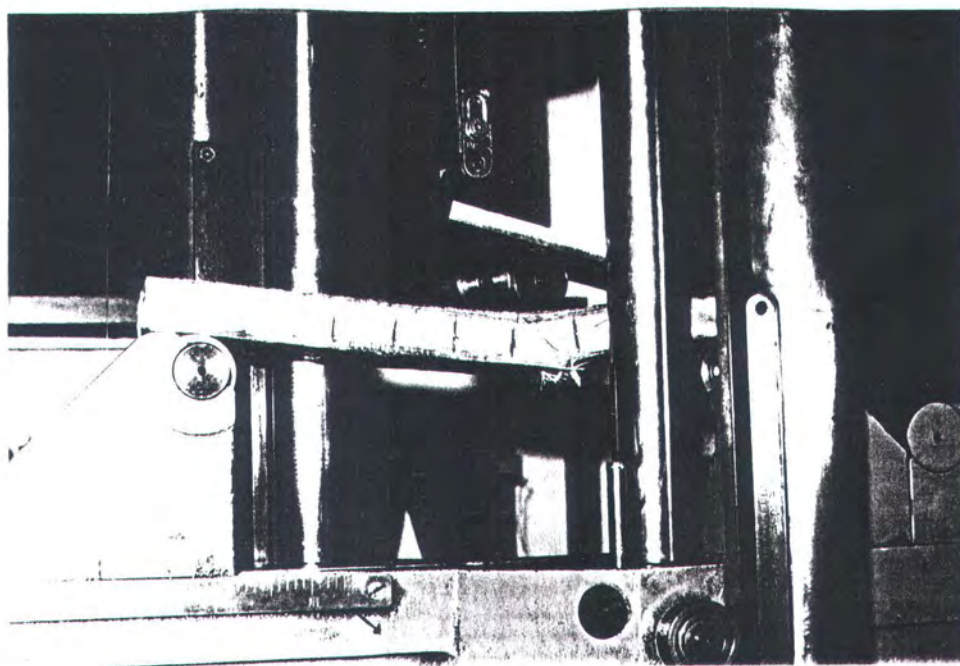
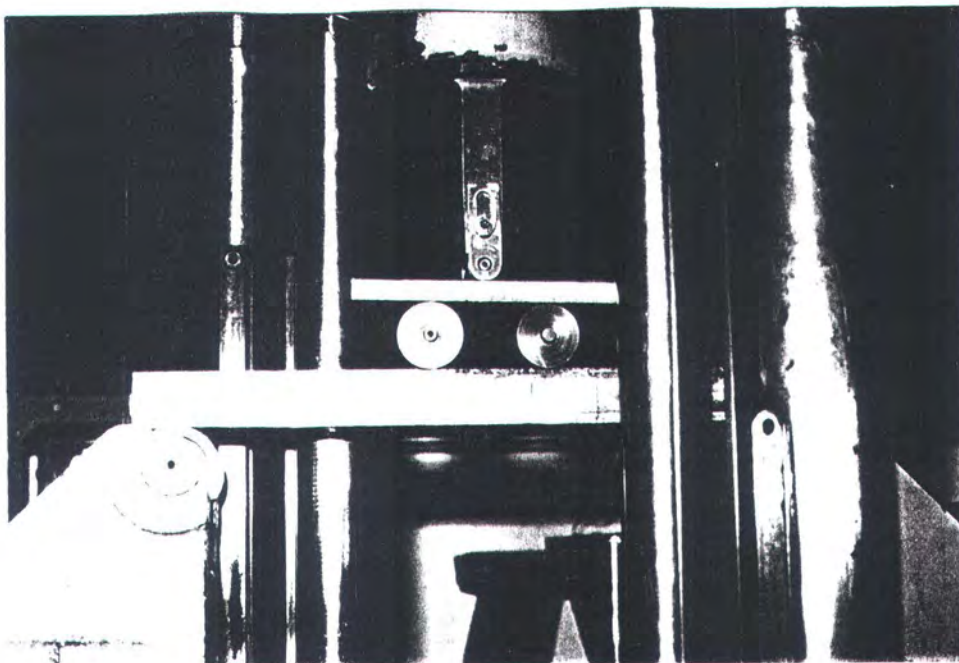




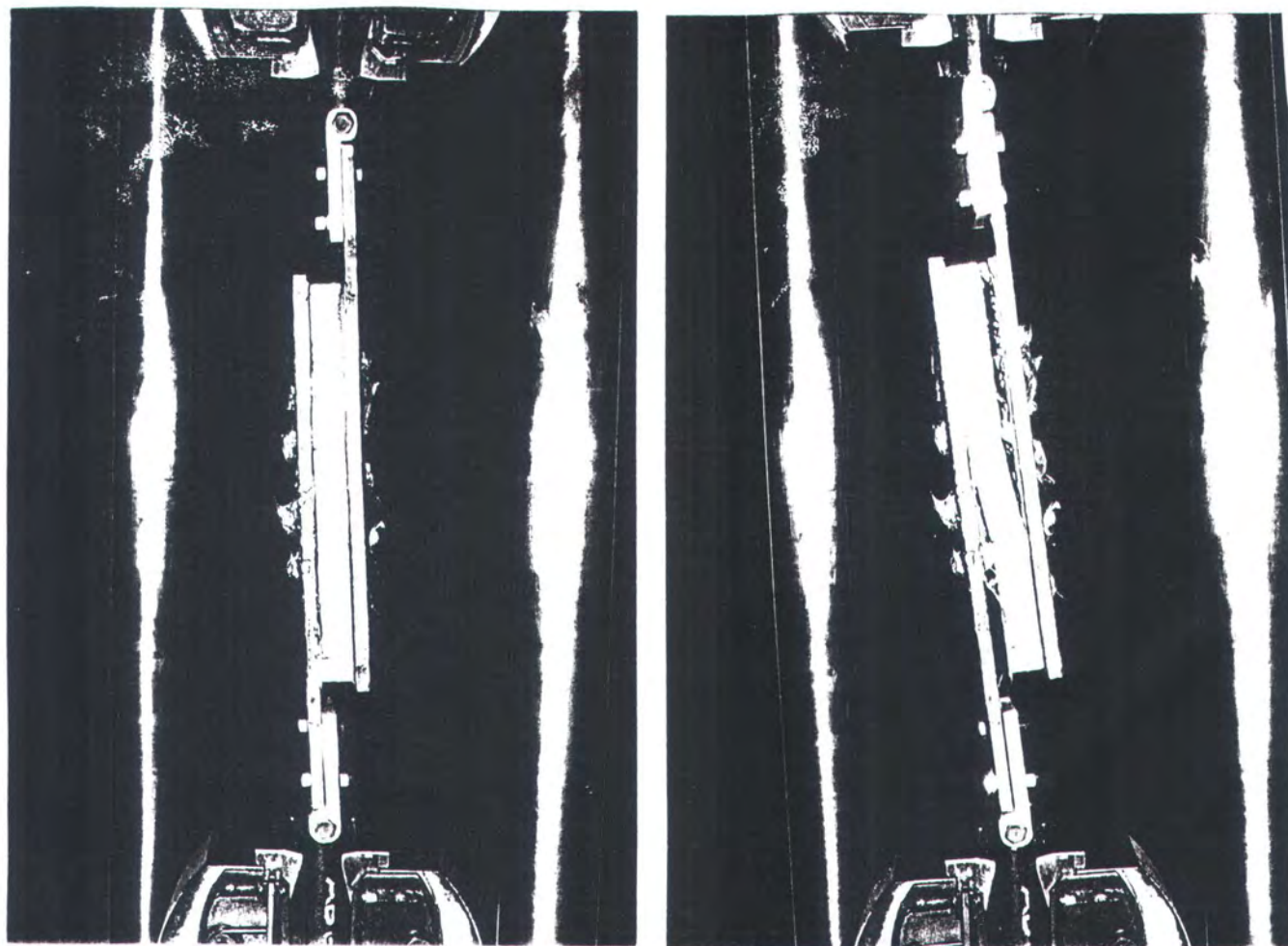
Ukuran utama :

Panjang : 12.00 M
 Lebar : 3,50 M
 Tinggi : 1,55 M
 Penggerak : Baudouin
 Marine Diesel
 Engine
 2 x 450 HP
 Propulsi : Hamilton Jet
 291

GAMBAR 4.2



Gambar 5. Pengujian Bending (ASTM C 393-62)



Gambar 5. Pengujian Tarik/ Shear (ASTM C 273-61)